KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

AIRCHAFT INSTRUMENTS

plane above
ground

is descending or ascending

speed indicator
dicates speed at which
ne is travelling

urn co-ordinator
ows whether plane is
nking or turning

Control wheel
Controls direction
and altitude

Heading indicator
Shows direction in which
plane is travelling

Throttle

XI

SEMESTER 3

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. BukuSiswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret.Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas.Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik.Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1.Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih.Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya.Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014
Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

GLOSARIUM

- Flight Instrumen : alat ukur (instrument) yang digunakan oleh penerbang untuk mengemudikan pesawat/ saat terbang
- Atmosfer : lapisan gas yang melingkupi sebuah planet, termasuk bumi, dari permukaan planet tersebut sampai jauh di luar angkasa. Di bumi, atmosfer terdapat dari ketinggian 0 km di atas permukaan tanah, sampai dengan sekitar 560 km dari atas permukaan bumi
- Troposfer : Lapisan atmosfer paling rendah kurang lebih 15 kilometer dari permukaan tanah
- Pitot Head : disebut juga Pitot tube atau pressure head, jenis-jenis tekanan yang ada pada pitot head adalah pitot pressure dan static pressure
- Pitot Pressure :tekanan dinamis/ dinamis pressure, ram pressure, impact pressure yaitu tekanan udara pada suatu bidang yang disebabkan oleh bergeraknya bidang tersebut diudara
- Static Pressure : tekanan udara pada ruang terbuka
- Altimeter : pengukur ketinggian pesawat udara
- Altimeter Errors: kesalahan-kesalahan penunjukan pada altimeter
- Vertical Speed Indicator: pengukur kecepatan vertical pesawat udara
- Air Speed Indicator : pengukur kecepatan udara pada pesawat udara.

BAB. I

PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Instrumen pada pesawat udara sangatlah penting keberadaanya, khususnya bila pesawat melakukan penerbangan pada malam hari, cuaca buruk, dengan jarak tempuh yang sangat jauh dengan mengarungi lautan dan daratan yang begitu luas rasanya sangat sulit tanpa dibantu dengan peralatan yang disebut dengan instrument.

Jadi instrument pada pesawat udara bertujuan untuk membantu pilot pada saat tinggal landas *(Take Off)*, pengendalian pesawat diudara *(manouvering)* dan mendaratkan pesawat *(Landing)* dengan selamat.

Instrument-instrument yang dipergunakan didalam pesawat haruslah alat-alat yang bermutu dan memiliki ketelitian yang tinggi, karena keselamatan penerbang, awak pesawat, penumpang dan pesawatnya sendiri, seluruhnya tergantung pada kinerja instrument itu sendiri. Untuk itu instrument pesawat udara harus memenuhi persyaratan-persyaratan antara lain:

1. Instrumen harus tahan getaran secara terus menerus selama mesin (engine) berputar.
2. Harus tahan kejutan yang hebat waktu mendarat dan ketika taxying di darat
3. Penunjukan jarum penunjuk (pointer) harus tepat dan tetap walaupun pesawat terbang lebih tinggi dimana tekanan udara semakin berkurang.
4. Harus ringan , tahan karat (anti corrosion) dan komponen-komponenya harus seimbang (balance)
5. Penunjukan pada skala harus terang, sehingga dapat dilihat dengan jelas baik siang, malam hari dan pada saat cuaca buruk atau berkabut.
6. Instrumen harus mudah dilepas dan dipasang, distel dan ukuranya harus standar.

Buku bahan ajar ini terdiri dari 3 (tiga) Kompetensi dasar yaitu :

1. Kompetensi dasar Flight instruments

   Flight instruments meliputi : Atmosfir Bumi, Pitot Static System, Altimeter, Vertical Speed Indicator, Air Speed Indicator, mach meter.

2. Kompetensi dasar Gyroscopic Instruments

   Gyroscopic Instruments :pengertian gyroscope, sifat-sifat gyroscope, artificial instrument, directional gyro indicator, turn and bank indicator

3. Kompetensi dasar Engine Instruments

   Engine Instruments :Tachometer, oil pressure indicator, oil temperature, fuel quantity indicator

Dengan menguasai bahan ajar ini diharapkan peserta diklat mampu memahami fungsi, konstruksi maupun mengetahui prinsip kerja dari instrument pesawat udara sehingga dapat mengaplikasikannya pada dunia penerbangan, khususnya dalam pemasangan dan perawatan serta pengetesan (Functional test) instrument pesawat udara.

Pendekatan pembelajaran dengan bahan ajar ini memberikan kesempatan kepada peserta diklat untuk belajar secara mandiri sesuai dengan percepatan pembelajaran masing-masing. Modul sebagai alat atau sarana pembelajaran yang berisi materi, metode, batasan-batasan dan cara mengevaluasi yang dirancang secara sistematis dan menarik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan.Untuk itu perlu adanya penyusunan bahan ajar atau modul sesuai dengan analisis kompetensi, agar peserta diklat dapat belajar efektif dan efisien.

B. Prasyarat

Untuk melaksanakan modul Air Craft Instrument 1 memerlukan kemampuan awal yang harus dimiliki peserta diklat, yaitu :

- Peserta diklat telah memahami dasar-dasar fisika terutama mengenai teori pengukuran tekanan dan suhu
- Peserta memahami dasar-dasar kelistrikan: tahanan ,tegangan, arus dan beban listrik, serta hukum-hukum kelistrikan (Hukum Ω, kirchoff arus, kirchoff tegangan, Faraday, Lorentz, teori kemagnetan, electromagnet, dan lain-lain)
- Peserta diklat telah memahami cara pembacaan alat ukur.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Petunjuk bagi Peserta Diklat

Agar memperoleh hasil yang diinginkan pada peningkatan kompetensi, maka tata cara belajar bagi siswa memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

a) Bacalah dengan seksama lembar informasi pada setiap kegiatan belajar sebelum mengerjakan lembar kerja yang ada dalam modul;

b) Konsultasikan jika ada materi di dalam modul yang kurang jelas atau tidak mengerti kepada instruktur;

c) Cermatilah langkah langkah kerja pada setiap kegiatan belajar sebelum mengerjakan lembar kerja yang ada dalam modul;

d) Mengerjakan soal-soal dengan baik yang ada di dalam lembar latihan pada setiap kegiatan belajar.

2. Petunjuk bagi Guru

a) Membantu siswa dalam merencanakan proses belajar.

b) Membimbing siswa melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.

c) Membantu siswa dalam memahami konsep, prinsip kerja, dan menjawab pertanyaan siswa mengenai proses belajar siswa.

d) Membantu siswa untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar.

e) Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan.

f) Merencanakan seorang ahli/pendamping guru dari tempat kerja untuk membantu jika diperlukan.

D. Tujuan Akhir

Modul ini bertujuan memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan kepada peserta untuk mengarah kepada standar kompetensi tentang air craft instruments. Anda dapat dinyatakan telah berhasil menyelesaikan modul ini jika anda telah mengejakan seluruh isi dari buku bahan ajar ini termasuk latihan teori dan praktek dengan benar juga telah mengikuti evaluasi berupa test dengan skor minimum adalah 70. Setelah selesai mempelajari materi ini peserta diklat diharapkan dapat memahami fungsi, konstruksi, prinsip kerja *"air craft instruments"*

1. Flight instruments meliputi : Atmosfir Bumi, Pitot Static System, Altimeter, Vertical Speed Indicator, Air Speed Indicator, mach meter.

2. Gyroscopic Instruments : pengertian gyroscope, sifat-sifat gyroscope, artificial instrument, directional gyro indicator, turn and bank indicator

3. Engine Instruments :Tachometer, oil pressure indicator, oil temperature, fuel quantity indicator

E. Kompetensi Inti Dan Kompetensi Dasar

Kompetensi inti

KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

KI 3 :Memahami,menerapkan dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.

KI 4 :Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung

Kompetensi Dasar

1.1 Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan dalam memahami prinsip kerja, cara mengoperasikan aircraft instrument

1.2 Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam memahami dan mengoperasikan aircraft instrument

2.1 Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan prinsip kerja aircraft instrument

2.2 Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dalam memahami prinsip kerja, cara mengoperasikan, memasang aircraft instrument

2.3 Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam memahami prinsip kerja, cara mengoperasikan, memasang aircraft instrument

3.1 Menjelaskan Prinsip Kerja Flight Instruments

4.1 Memecahkan Masalah Teknologi Dan Rekayasa Yang Berkaitan Dengan Flight Instruments

3.2 Mendiskusikan Prinsip Kerja Gyroscopic Instrument

4.2 Memecahkan Masalah Teknologi Dan Rekayasa Yang Berkaitan Dengan Gyroscopic Instrument

3.3 Mendiskusikan Prinsip Kerja Engine Instruments

4.3 Memecahkan Masalah Teknologi Dan Rekayasa Yang Berkaitan Dengan Engine Instruments

F. Cek Kemampuan Awal.

Daftar Pertanyaan	Tingkat Penguasaan (score : 0 – 100)
1. Sebutkan lapisan-lapisan atmosfir bumi !	
2. Jelaskan karakteristik lapisan atmosfir trophospher !	
3. Jelaskan apa yang dimaksud dengan standar ICAN (International Commission for Aerial Navigation) !	
4. Apa yang dimasksud dengan pitot tube ?	
5. Apa yang dimaksud dengan tekanan static dan dinamic ?	
6. Sebutkan komponen-komponen pitot static system dan jelaskan fungsi masing-masing komponen !	
7. Apa yang dimasksud dengan altimeter ?	
8. Jelaskan prinsip kerja altimeter !	
9. Apa yang dimaksud dengan true altitude dan absolute altitude ?	
10. Apa yang dimaksud dengan position error dan instrument error ?	

11. Apa yang dimasksud dengan Vertical speed indicator ?
12. Apa yang dimaksud dengan pipa capiler pada VSI ?
13. Bagaimana besar tekanan didalam dan diluar kapsul saat pesawat terbang datar ?
14. Jelaskan prinsip kerja air speed indicator !
15. Tekanan udara jenis apa saja yang dihubungkan ke instrument air speed indicator ?
16. Apa yang dimaksud dengan gyroscope ?
17. Apa yang dimasud sifat ”*Rigidity In Space* ” pada gyroscope ?
18. Apa yang dimasud sifat ”*Precession* ” pada gyroscope ?
19. Sebutkan instrument pesawat udara yang bekerja dengan gyroscope !
20. Apa fungsi tachometer ?
21. Jelaskan cara kerja ”*Centrifugal Tachometer” !*
22. Jelaskan cara kerja ”*DC Tachometer” !*
23. Jelaskan cara kerja ”*AC Tachometer” !*
24. Apa fungsi ”*Fuel quantity indicator” ?*
25. Jelaskan cara kerja ”*Capacitor Fuel quantity indicator” !*
26. Apa fungsi *”oil pressure indicator” ?*
27. Jelaskan cara kerja *”oil pressure indicator” !*
28. Jelaskan jenis-jenis cara pengukuran suhu !
29. Apa fungsi ”oil Temperature indicator” ?
30. Jelaskan cara kerja ”oil Temperature indicator” !

BAB II

PEMBELAJARAN

1. Pembelajaran pertama

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

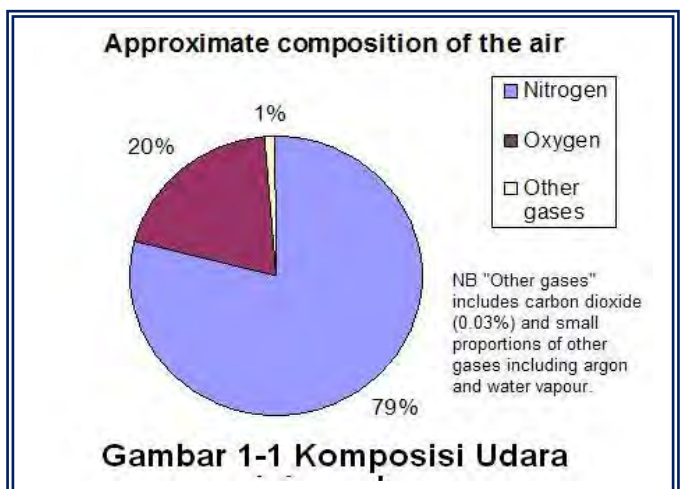
- Menjelaskan pengertian atmosfer
- Menyebutkan lapisan-lapisan atmosfer
- Menyebutkan komposisi udara pada atmosfer
- Menjelaskan karakteristik lapisan-lapisan atmosfer

b. Uraian materi

ATMOSFER

Atmosfer adalah lapisan gas yang melingkupi sebuah planet, termasuk bumi, dari permukaan planet tersebut sampai jauh di luar angkasa.Di bumi, atmosfer terdapat dari ketinggian 0 km di atas permukaan tanah, sampai dengan sekitar 560 km dari atas permukaan bumi.Atmosfer tersusun atas beberapa lapisan, yang dinamai menurut fenomena yang terjadi di lapisan tersebut. Transisi antara lapisan yang satu dengan yang lain berlangsung bertahap. Studi tentang atmosfer mula-mula dilakukan untuk memecahkan masalah cuaca, fenomena pembiasan sinar matahari saat terbit dan tenggelam, serta kelap-kelipnya bintang.Dengan peralatan yang sensitif yang dipasang di wahana luar angkasa, kita dapat memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang atmosfer berikut fenomena-fenomena yang terjadi di dalamnya.

Atmosfer Bumi terdiri atas nitrogen (78.17%) dan oksigen (20.97%), dengan sedikit argon (0.9%), karbondioksida (variabel, tetapi sekitar 0.0357%), uap air, dan gas lainnya. Atmosfer melindungi kehidupan di bumi dengan menyerap radiasi sinar ultraviolet dari matahari dan mengurangi suhu ekstrem di antara siang dan malam. 75% dari atmosfer ada dalam 11 km dari permukaan planet.
Atmosfer tidak mempunyai batas mendadak, tetapi agak menipis lambat laun dengan menambah ketinggian, tidak ada batas pasti antara atmosfer dan angkasa luar.

Gambar 1-1 Komposisi Udara

1) **Troposfer**

Lapisan ini berada pada level yang terendah, campuran gasnya paling ideal untuk menopang kehidupan di bumi. Dalam lapisan ini kehidupan terlindung dari sengatan radiasi yang dipancarkan oleh benda-benda langit lain. Dibandingkan dengan lapisan atmosfer yang lain, lapisan ini adalah yang paling tipis (kurang lebih 15 kilometer dari permukaan tanah). Dalam lapisan ini, hampir semua jenis cuaca, perubahan suhu yang mendadak, angin tekanan dan kelembaban yang kita rasakan sehari-hari berlangsung.Suhu udara pada permukaan air laut sekitar 27 derajat Celsius, dan semakin naik ke atas, suhu semakin turun. Dan setiap kenaikan 100m suhu berkurang 0,61 derajat Celsius (sesuai dengan Teori Braak). Pada lapisan ini terjadi peristiwa cuaca seperti hujan, angin, musim salju, kemarau, dsb.

Ketinggian yang paling rendah adalah bagian yang paling hangat dari troposfer, karena permukaan bumi menyerap radiasi panas dari matahari dan menyalurkan panasnya ke udara. Biasanya, jika ketinggian bertambah, suhu udara akan berkurang secara tunak (*steady*), dari sekitar 17℃ sampai -52℃. Pada permukaan bumi yang tertentu, seperti daerah pegunungan dan dataran tinggi dapat menyebabkan anomali terhadap gradien suhu tersebut.

Di antara stratosfer dan troposfer terdapat lapisan yang disebut lapisan Tropopause, yang membatasi lapisan troposfer dengan stratosfer.

2) **Stratosfer**

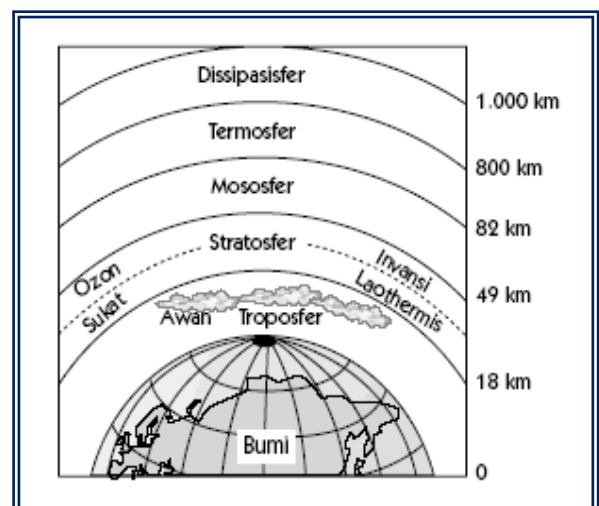
Perubahan secara bertahap dari troposfer ke stratosfer dimulai dari ketinggian sekitar 11 km. Suhu di lapisan stratosfer yang paling bawah relatif stabil dan sangat dingin yaitu -70^oF atau sekitar -57^oC.Pada lapisan ini angin yang sangat kencang terjadi dengan pola aliran yang tertentu.Disini juga tempat terbangnya pesawat.Awan tinggi jenis *cirrus* kadang-kadang terjadi di lapisan paling bawah, namun tidak ada pola cuaca yang signifikan yang terjadi pada lapisan ini.

Dari bagian tengah stratosfer keatas, pola suhunya berubah menjadi semakin bertambah semakin naik, karena bertambahnya lapisan dengan konsentrasi ozon yang bertambah.Lapisan ozon ini menyerap radiasi sinar ultra violet.Suhu pada lapisan ini bisa mencapai sekitar 18^oC pada ketinggian sekitar 40 km. Lapisan *stratopause* memisahkan stratosfer dengan lapisan berikutnya.

3) **Mesosfer**

Kurang lebih 25 mil atau 40km diatas permukaan bumi terdapat lapisan transisi menuju lapisan mesosfer.Pada lapisan ini, suhu kembali turun ketika ketinggian bertambah, sampai menjadi sekitar -143^oC di dekat bagian atas dari lapisan ini, yaitu kurang lebih 81 km diatas permukaan bumi. Suhu serendah ini memungkinkan terjadi awan *noctilucent*, yang terbentuk dari kristal es.

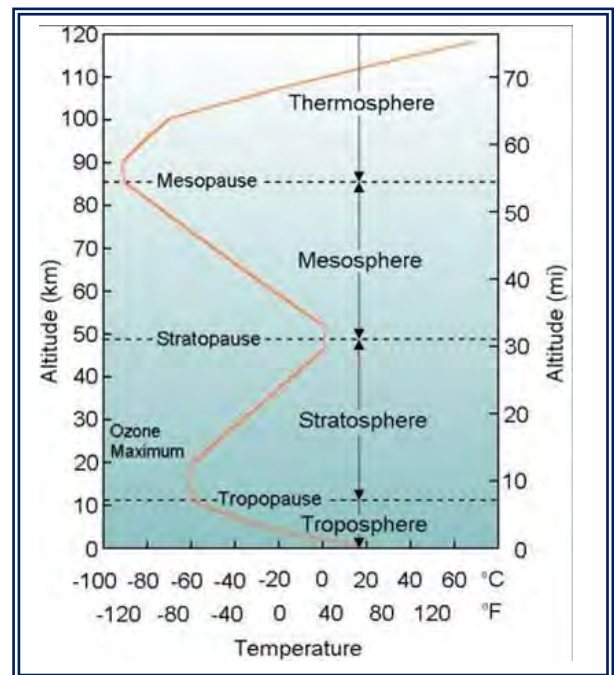
4) **Thermosfer**

Transisi dari mesosfer ke termosfer dimulai pada ketinggian sekitar 81 km. Dinamai termosfer karena terjadi kenaikan temperatur yang cukup tinggi pada lapisan ini yaitu sekitar 1982^oC.Perubahan ini terjadi karena serapan

radiasi sinar ultra violet. Radiasi ini menyebabkan reaksi kimia sehingga membentuk lapisan bermuatan listrik yang dikenal dengan namaionosfer, yang dapat memantulkan gelombang radio. Sebelum munculnya era satelit, lapisan ini berguna untuk membantu memancarkan gelombang radio jarak jauh.

Lapisan ionosfir ini juga merupakan lapisan pelindung Bumi dari batu meteor yang berasal dari luar angkasa karena ditarik oleh grafitasi bumi, dilapisan ionosfir ini batu meteor terbakar dan terurai, jika sangat besar dan tidak habis dilapisan udara ionosfir ini maka akan jatuh sampai kepermukaan Bumi yang disebut Meteorit.

Fenomena aurora yang dikenal juga dengan cahaya utara atau cahaya selatan terjadi disini. Pengertian Lapisan Termosfer sebagai Lapisan Atmosfir

Pengertian Lapisan Termosfer sebagai Lapisan Atmosfir) – Lapisan Termosfer Berada di atas mesopouse dengan ketinggian sekitar 75 km sampai pada ketinggian sekitar 650 km. Pada lapisan ini, gas-gas akan terionisasi, oleh karenanya lapisan ini sering juga disebut lapisan ionosfer. Molekul oksigen akan terpecah menjadi oksegen atomik di sini. Proses pemecahan molekul oksigen dan gas-gas atmosfer lainnya akan menghasilkan panas, yang akan menyebabkan meningkatnya suhu pada lapisan ini. Suhu pada lapisan ini akan meningkat dengan meningkatnya ketinggian. Ionosfer dibagi menjadi tiga lapisan lagi, yaitu :

a) Lapisan Udara Terletak antara 80 – 150 km dengan rata-rata 100 km dpl. Lapisan ini tempat terjadinya proses ionisasi tertinggi. Lapisan ini dinamakan juga lapisan udara KENNELY dan HEAVISIDE dan mempunyai sifat memantulkan gelombang radio. Suhu udara di sini berkisar – 70° C sampai +50° C
b) Lapisan udara F Terletak antara 150 – 400 km. Lapisan ini dinamakan juga lapisan udara APPLETON.
c) Lapisan udara atom Pada lapisan ini, materi-materi berada dalam bentuk atom. Letaknya lapisan ini antara 400 – 800 km. Lapisan ini menerima panas langsung dari matahari, dan diduga suhunya mencapai 1200° C .

5) Eksosfer

Eksosfer adalah lapisan bumi yang terletak paling luar.Adanya refleksi cahaya matahari yang dipantulka n oleh partikel debu meteoritik. Cahaya matahari yang dipantulkan tersebut juga disebut sebagai cahaya Zodiakal

Tekanan Atmosfir

Kita berada dilapisan atmosfir yang terbawah dan andaikata kita menimbang berat sekolom udara dengan penampang satu inci persegi seperti terlihat pada gambar 2, maka akan mendapatkan angka kira-kira 14,7 lbs (*sea* - level pressure), yaitu 14,7 psi (pounds per

square inch) dan bila kita masukkan air raksa (mercury/Hg) seberat 14,7 lbs kedalam tabung dengan penampang satu inci persegi maka air raksa tersebut (By. Hg =13,6) akan mencapai ketinggian 29,92 inci atau 76 cm, seperti terlihat pada gambar . Dari sinilah didapatkan satuan tekanan dengan menggunakan tinggi air raksa. Satuan satuan tekanan tersebut yaitu 29,92 in Hg atau 76 cm atau sama dengan 1013,25 ml pada rata-rata permukaan laut. Jadi tekanan atmosfir menggunakan satuan-satuan sebagai berikut :pounds per-square inch, inches of merqury dan millibars.

Tekanan udara akan selalu berubah-ubah pada setiap waktu, hal ini mungkin dipengaruhi oleh perubahan suhu ataupun kepadatan (density) udara. Harga tekanan, suhu dan density yang berubah-ubah tersebut akan mempersukar dalam menghitung ketinggian (altitude), kecepatan di udara (air speed) dan kecepatan perubahan ketinggian (rate of altitude) dari suatu pesawat terbang. Untuk mengatasi persoalan ini maka oleh I.C.A.N. (International Commission for Aerial Navigation) dibuatlah suatu standar atmosfir atau dikenal dengan I.C.A.N atmosfir

I.C.A.N atmosfir sebagai berikut:

- Tekanan atmosfir rata-rata pada permukaan laut sama dengan 1013,25 m.h. atau 29.921 in. Hg.
- Suhu rata-rata pada permukaan laut + 15°C (59°F).
- Suhu udara berkurang 1,98°C tiap naik 1000 feet, dari + 15°C (sea level) sampai - 56,5°C (69,7°F) pada ketinggian 36.089 feet. Di atas ketinggian tersebut suhu tetap (- 56,5°C).

Tekanan, suhu dan kepadatan di dalam Atmosfir standar dapat dilihat pada Tabel

ALTITUDE	STANDARD PRESSURE (MILLIBARS)	STANDARD PRESSURE (INCHES OF MERCURY)	STANDARD DENSITY (LBS/ CC FT)	STANDARD TEMPERATURE (^{O}C)
Sea level	1013.2	29.92	0.076	15.0
1000	977.2	28.86	0.074	13.0
2000	942.1	27.82	0.072	11.00
3000	908.1	26.82	0.070	9.1
4000	875.1	25.84	0.068	7.1
5000	843.1	24.90	0.066	5.1
6000	812.0	23.98	0.064	3.1
7000	781.8	23.09	0.062	1.1
8000	752.6	22.22	0.060	-0.8
9000	724.3	21.39	0.058	-2.8
10000	696.8	20.58	0.056	-4.8
11000	670.2	19.79	0.055	-6.8
12000	644.4	19.03	0.053	-8.8
13000	619.4	18.29	0.051	-10.8
14000	595.2	17.58	0.050	-12.7

15000	571.8	16.89	0.048	-14.7
16000	549.2	16.22	0.047	-16.7
17000	527.2	15.57	0.045	-18.7
18000	506.0	14.94	0.044	-20.7
19000	485.5	14.34	0.042	-22.6
20000	465.6	13.75	0.041	-24.6
22000	427.9	12.64	0.035	-28.6
24000	392.7	11.60	0.035	-32.5
26000	359.9	10.63	0.033	-36.5
28000	329.3	9.72	0.031	-40.5
30000	300.9	8.89	0.029	-44.4
32000	274.5	8.11	0.027	-48.4
34000	250.0	7.38	0.025	-52.4

Tabel : Atmospheric Pressure and Barometer Readings at Different Altitudes

c. Rangkuman

- ***Atmosfer*** adalah lapisan gas yang melingkupi sebuah planet, termasuk bumi, dari permukaan planet tersebut sampai jauh di luar angkasa
- ***Troposfer*** adalah Lapisan yang paling terendah, Dalam lapisan ini kehidupan terlindung dari sengatan radiasi yang dipancarkan oleh benda-benda langit lain. lapisan ini adalah yang paling tipis (kurang lebih 15 kilometer dari permukaan tanah). Suhu udara pada permukaan air laut sekitar 27 derajat Celsius, dan semakin naik ke atas, suhu semakin turun. Dan setiap kenaikan 100m suhu berkurang 0,61 derajat Celsius . Pada lapisan ini terjadi peristiwa cuaca seperti hujan, angin, musim salju, kemarau, dsb.
- ***Stratosfer*** adalah dimulai dari ketinggian sekitar 11 km. Suhu di lapisan stratosfer yang paling bawah relatif stabil dan sangat dingin yaitu − 70^{o}F atau sekitar − 57^{o}C. Pada lapisan ini angin yang sangat kencang terjadi dengan pola aliran yang tertentu.Disini juga tempat terbangnya pesawat
- ***Mesosfer*** adalah dimulai dari 40km diatas permukaan bumi terdapat lapisan transisi menuju lapisan mesosfer. Pada lapisan ini, suhu kembali turun ketika ketinggian bertambah, sampai menjadi sekitar − 143oC di dekat bagian atas dari lapisan ini, yaitu kurang lebih 81 km diatas permukaan bumi.
- ***Thermosfer*** dimulai pada ketinggian sekitar 81 km. Dinamai termosfer karena terjadi kenaikan temperatur yang cukup tinggi pada lapisan ini yaitu sekitar 1982oC. Perubahan ini terjadi karena serapan radiasi sinar ultra violet. Radiasi ini menyebabkan reaksi kimia sehingga membentuk lapisan bermuatan listrik yang dikenal dengan nama ionosfer, yang dapat memantulkan gelombang radio
- ***Eksosfer*** adalah lapsan bumi yang terletak paling luar. Adanya refleksi cahaya matahari yang dipantulka n oleh partikel debu meteoritik. Cahaya matahari yang dipantulkan tersebut juga disebut sebagai cahaya Zodiakal
- **I.C.A.N** atmosfir sebagai berikut:
  - Tekanan atmosfir rata-rata pada permukaan laut sama dengan 1013,25 m.h.

d. Tugas

1) Apa yang dimaksud dengan atmosfer
2) Sebutkan susunan dari atmosfir bumi
3) Jelaskan karakteristik troposfer

4) Jelaskan suhu dan tekanan pada permukaan laut

e. Tes formatif

1) Sebutkan komposisi gas yang terkandung dalam atmosfir bumi
2) 50^o C =...... ^{o}F = ...^{o}R
3) Jelaskan tentang standar ICAN atmosfer

f. Kunci jawaban tes formatif

1) Komposisi gasyang terkandung dalam atmosfer adalah
   - Nitrogen (78.17%)
   - Oksigen (20.97%),
   - Argon (0.9%),
   - Karbondioksida(0.0357%),
   - Uap Air,
   - Gas Lainnya.

2) 50^o C = 122 ^{o}F = 40^oR

3) I.C.A.N. (International Commission for Aerial Navigation) adalah suatu standar atmosfir atau dikenal dengan I.C.A.N atmosfir yang berisi :
   - Tekanan atmosfir rata-rata pada permukaan laut sama dengan 1013,25 m.h. atau 29.921 in. Hg.
   - Suhu rata-rata pada permukaan laut + 15°C (59°F).
   - Suhu udara berkurang 1,98°C tiap naik 1000 feet, dari + 15°C (sea level) sampai - 56,5°C (69,7°F) pada ketinggian 36.089 feet. Di atas ketinggian tersebut suhu tetap (-56,5°C

2. Pembelajaran Kedua

a. Tujuan Pembelajaran

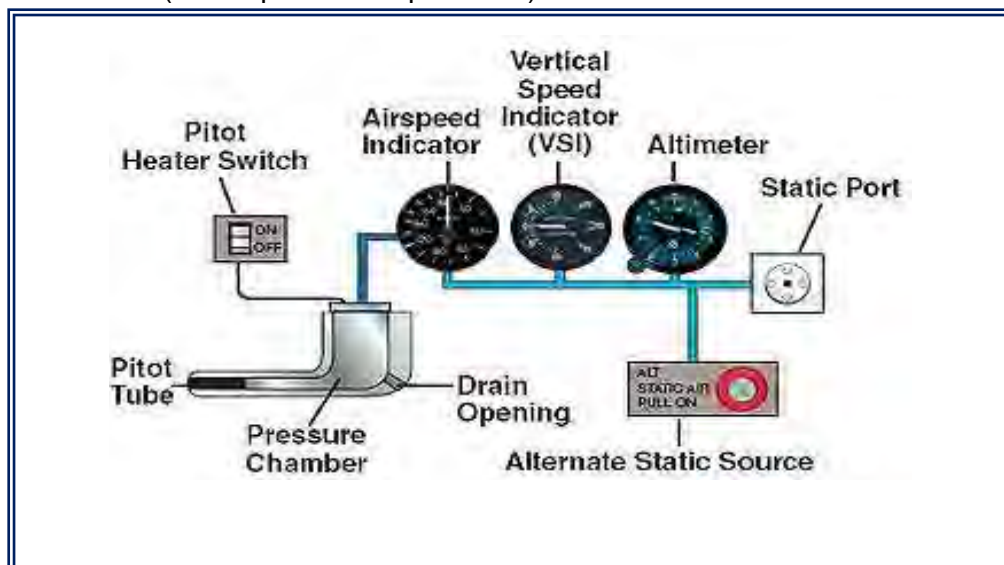
Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menyebutkan komponen-komponen pitot static system
- Menjelaskan tekanan statis dan tekanan dinamis
- Menjelaskan fungsi komponen-komponen pitot static system
- Menjelaskan fungsi pemanas pada pitot head
- Menggambarkan Rankagkaian pemanas pitot head

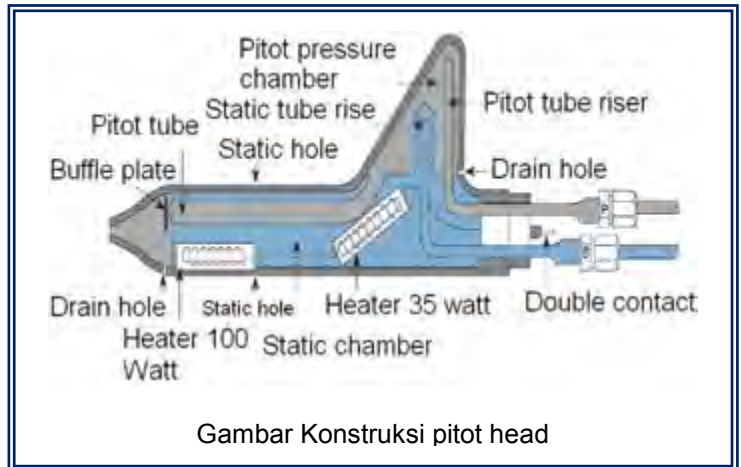
b. Uraian materi

PITOT STATIC SYSTEM

Pitot static system adalah salah satu system yang akan selalu bagian dari suatu pesawat udara, mulai dari pesawat yang sederhana (kecil) sampai pesawat yang besar atau modern.
Pengertian akan dasar-dasar bekerjanya system ini sangat penting untuk seorang ahli teknik pesawat udara, terutama dalam mencari sebab-sebab kerusakan yang terjadi pada system ini. Kekurang mengertian akan cara-cara bekerja dari pitot static system akan dapat mengakibatkan kesulitan dalam melakukan perawatan atau perbaikan.
Sistem pitot static terdiri dari :

- Pitot tube
- Static vent
- Altimeter
- Air Speed Indicator
- Vertical Speed Indicator
- Machmeter (untuk pesawat supersonic)

Gambar Menunjukan diagram dari suatu dasar system pitot static, pitot static tube dihubungkan dengan air speed indicator, altimeter, vertical speed indicator oleh pitot line dan static line yang dilengkapi dengan drain yang berfungsi untuk membuang kotoran yang ada pada pitot line maupun static line.

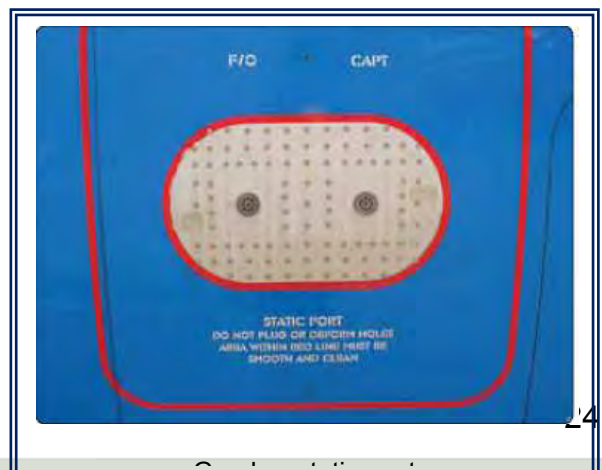
1. Pitot head atau Pitot Tube

Kata pitot berasal dari penemunya seorang berkebangsaan perancis yang bernama Henry Pitot.
Pitot tube disebut juga pitot head atau pressure head, jenis-jenis tekanan yang ada pada pitot head adalah pitot pressure dan static pressure.

Gambar Konstruksi pitot head

- Pitot pressure : disebut juga tekanan dinamis/ dinamis pressure, ram pressure, impact pressure yaitu tekanan udara pada suatu bidang yang disebabkan oleh bergeraknya bidang tersebut diudara.
- Static pressure : tekanan udara pada ruang terbuka

Pada gambar Merupakan gambar konstruksi dalam pitot head, dimana terdapat lobang dibagian depan *dengan menghadap langsung arah* aliran udara yang akan menghasilkan tekanan dinamis/ pitot pressure, dan lobang static yaitu lobang yang akan menghasilkan tekanan static, lobang ini berada dibagian samping dari pada pitot head, dan tidak menghadap langsung arah aliran udara. Pitot head dilengkapi pula dengan alat pemanas (heating element) yang berfungsi untuk menghilangkan es disekeliling pitot head sehingga lobang-lobang yang ada tidak tertutup es, gambar adalah bentuk dari pitot head , bentuk pitot head ini disesuaikan dengan dimana pitot head tersebut akan dipasang.

2. Static Vents.

Bila tekanan statis (static pressure) atau tekanan atmosfir (atmospheric pressure) didapat melalui lobang-lobang statis (static hole) pada pitot head maka akan ada udara dengan tekanan dinamis yang masuk melalui lobang-lobang tersebut yang tetunya mengakibatkan kesalahan-kesalahan dalam pengukuran karena tidak murninya tekanan

statis. Hal ini dapat terlihat pada gambar , menunjukkan lokasi static vent pada pesawat , Static vent pada gambar tersebut umumnya berbentuk "metal vent plate ".

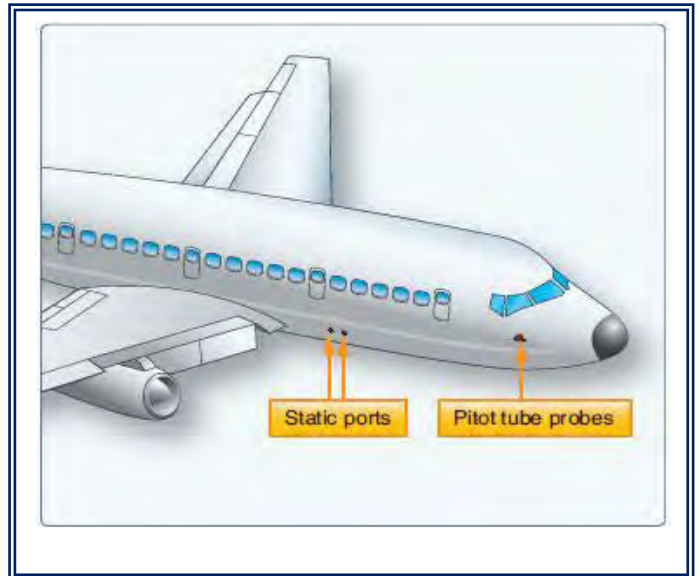
Sebelum terbang maka penerbang harus memeriksa static vent.Lobang ini harus selalu terbuka. Bila karena sesuatu hal lobang statis atau saluran-saluran statis (static line) tertutup atau tersumbat pada waktu pesawat sedang terbang (hal ini ditandai dengan tidak berfungsi altimeter dan vertical speed indicator) maka penerbang dapat memilih sumber tekanan statis cadangan (alternate static source), seperti yang dapat dilihat pada gambar .

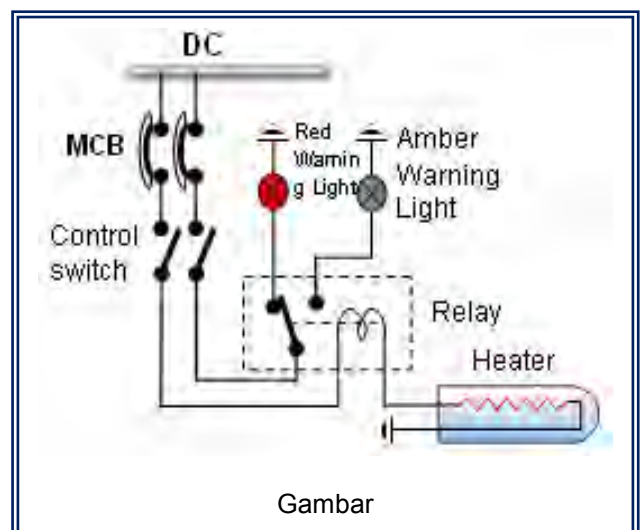
Dalam pesawat misalnya cabin penumpang yang tidak pressurized juga dilengkapi dengan knob perubah (selector valve) yang diletakkan pada kokpit.

Sistem cadangan ini menimbulkan kesalahan-kesalahan yang lebih besar dari yang normal

Disebabkan karena tekanan di dalam pesawat lebih rendah dari tekanan atmosfir, karena venturi effect dari bentuk pesawat.

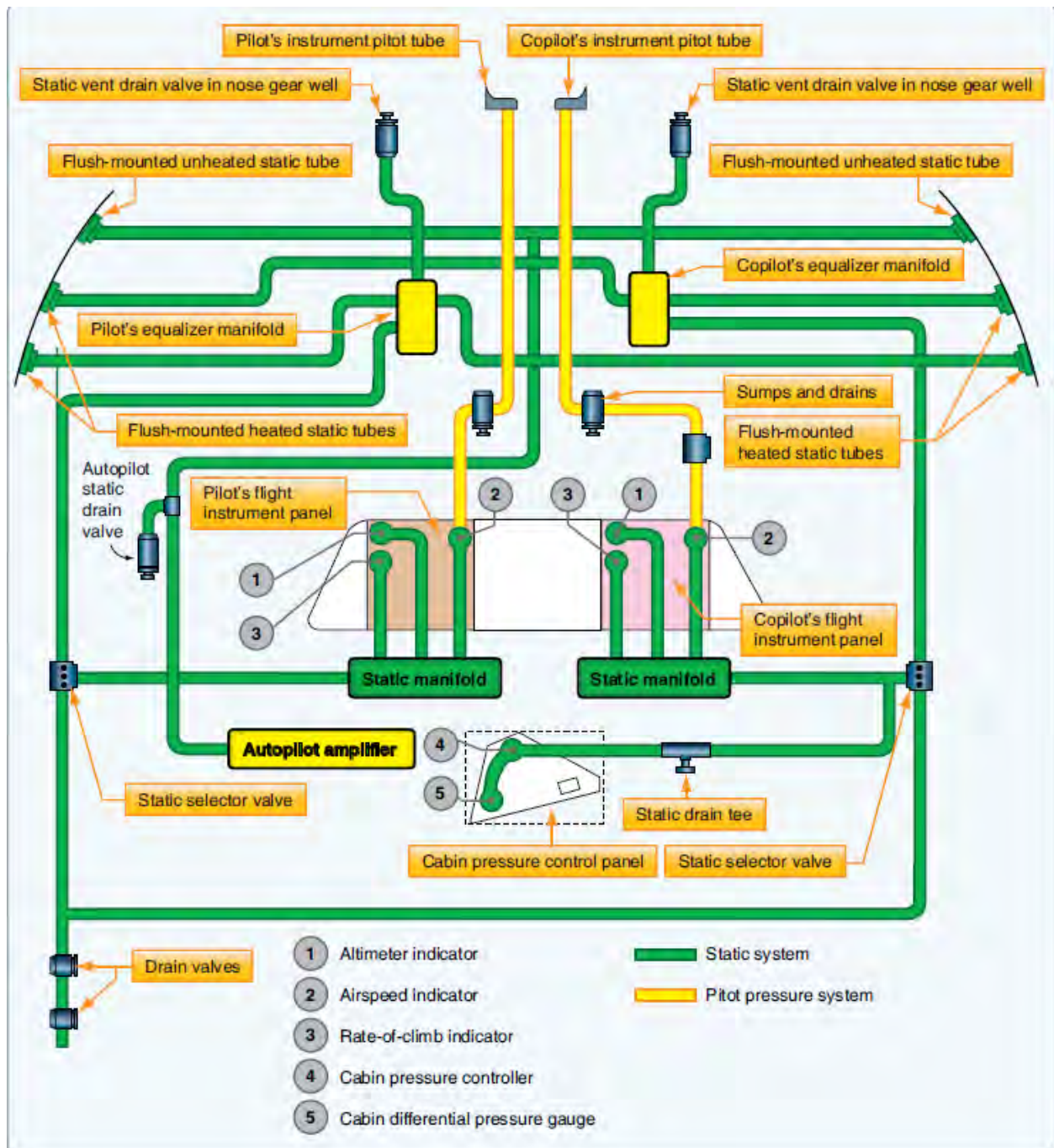
Tekanan statis cadangan (emergency static system) ini digunakan jika static vent tersumbat karena pembentukan es.

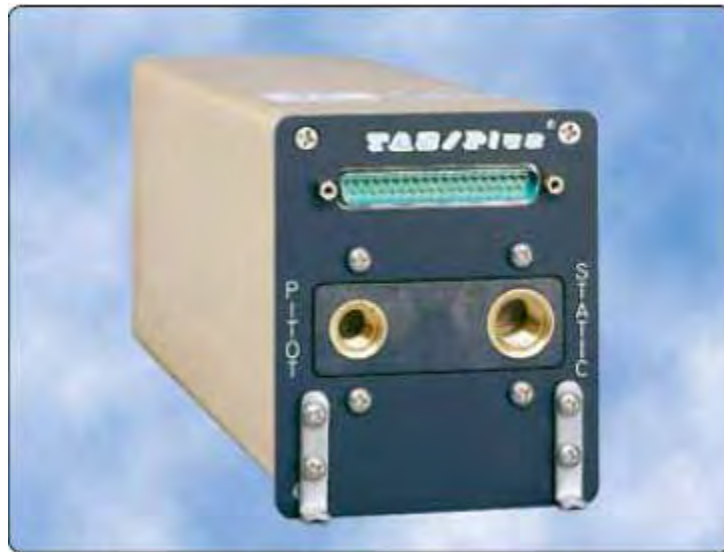
Untuk menghindari hal tersebut maka static holes tidak lagi berada pada pitot head melainkan dipisahkan dan umumnya berada disamping tubuh pesawat (fuselage) static holes yang demikian cara penempatannya lazim disebut static vent..Cara untuk memperoleh tekanan atmosfir dengan meuggunakan static vent jauh lebih baik hasilnya dibandingkan menggunakan pitot head. Pada pesawat-pesawat kecil/ringan static vent dibuat sangat sederhana yaitu membuat lobang-lobang pada sisi samping (fuselage skin) dari tubuh pesawat

3. Sistem Pemanas pada pitot head

Pitot head dilengkapi dengan alat pemanas yang terbuat dari elemen pemanas yang diletakan dibagian dalam dari pitot head. Gunanya untuk mencegah tertutupnya lobang-lobang pipa pitot akibat adanya es gambar Adalah jenis dari pitot heater light and relay. Cara kerja rangkaian : bila control swtch di “ON” kan maka arus akan mengalir ke heater melalui coil akibatnya relay akan bekerja sehingga lampu indicator akan menyala, bila heater bekerja normal maka lampu warna amber (abu-abu) yang menyala, dan bilaheater

Gambar

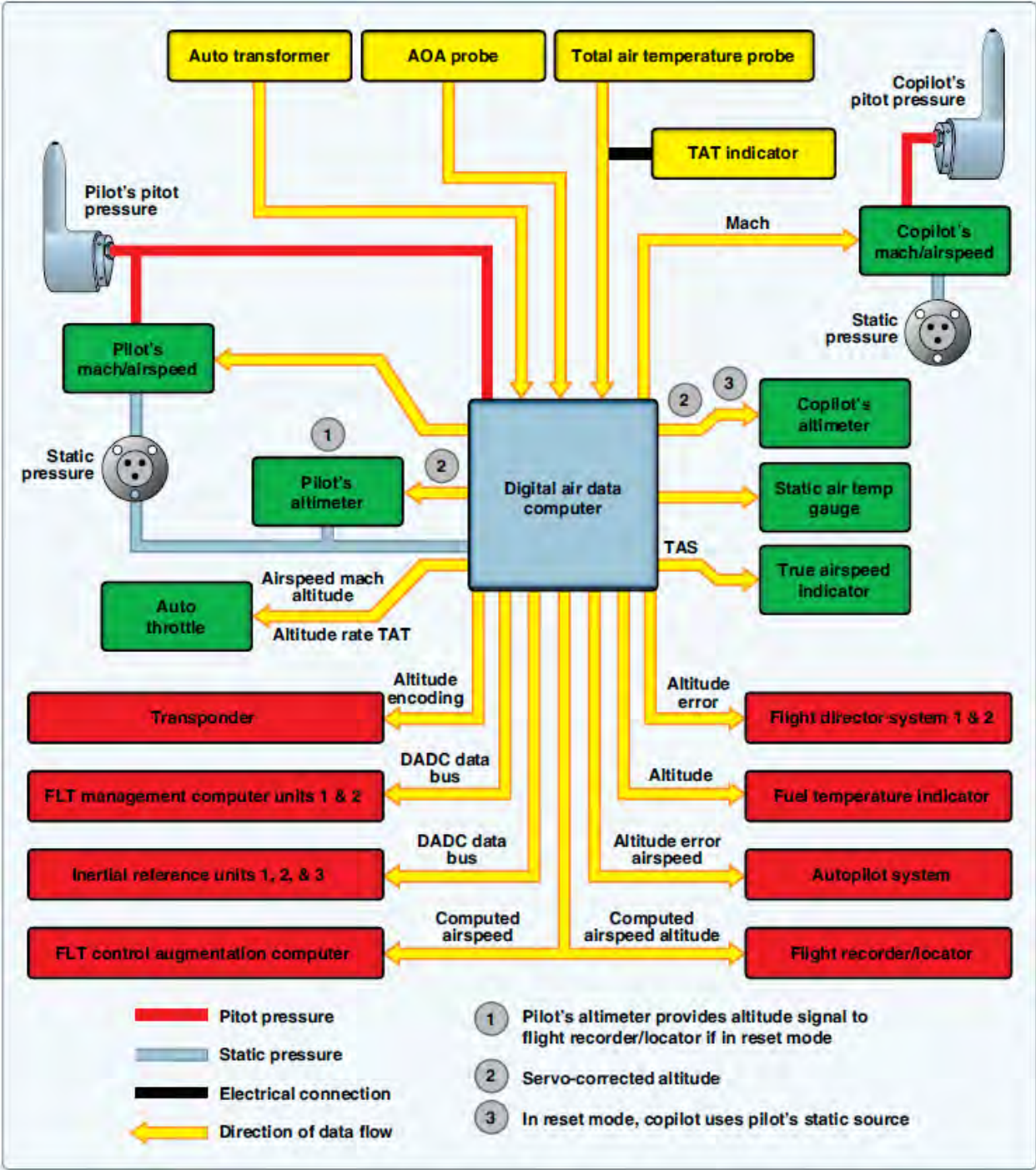
tidak bekerja secara normal atau rusak maka lampu warna merah yang menyala.

Air Data Computers (ADC) and Digital Air Data Computers (DADC)

Untuk pesawat yang lebih besar dengan performa tinggi , system pitot staticnya akan lebih rumit seperti ini :

Schematic of a typical pitot-static system on a pressurized multiengine aircraft.

Pesawat yang sering beroperasi pada ketinggian sangat tinggi di mana suhu bisa melebihi 50 ° F di bawah nol .tekanan udara juga berubah pada kecepatan tinggi dan pada ketinggian yang sangat tinggi. Aliran udara di sekitar badan pesawat akan berubah, sehingga tekanan statis yang masuk akan sulit dan tidak konstant .Pilot harus mengimbangi semua faktor suhu udara dan density untuk mendapatkan penunjukan yang akurat dari instrumen . Sementara banyak instrumen analog telah ditambahkan perangkat kompensasi kedalam alat tersebut , penggunaan Air Data Computer (ADC) adalah umum untuk tujuan ini pada pesawat hight perfomance . Selain itu pesawat modern menggunakan Digital Air Data Computer (DADC) . sensor tekanan udara dikonversi ke nilai-nilai digital yang membuat mereka lebih mudah diolah oleh komputer untuk output informasi yang akurat.

Teledyne's 90004 TAS/Plus air data computer (ADC)computes air data information from the pitot-static pneumaticsystem, aircraft temperature probe, and barometric correctiondevice to help create a clear indication of flight conditions.

Pada dasarnya , semua tekanan dan suhu yang ditangkap oleh sensor dimasukkan ke ADC . Unit Analog memanfaatkan transduser untuk mengubah nilai-nilai ini ke besaran listrik dan memanipulasi mereka di berbagai modul yang berisi sirkuit dirancang untuk membuat kompensasi yang tepat untuk digunakan oleh instrumen yang berbeda dan sistem . DADC biasanya menerima data dalam format digital .Sistem yang tidak memiliki output sensor digital akan mengkonversi input menjadi sinyal digital melalui analog-to-digital converter. Konversi dapat berlangsung dalam komputeratau di unit terpisah yang dirancang untuk fungsi ini . Kemudian, semua perhitungan dan kompensasi dilakukan secara digital oleh komputer . Output dari ADC adalah listrik untuk menggerakkan motor servo atau untuk digunakan sebagai input dalam sistem bertekanan , unit kontrol penerbangan , dan sistem lainnya . Output DADC yang didistribusikan ke sistem ini sama dan layar kokpit menggunakan bus data digital . Ada banyak manfaat menggunakan ADC .penyederhanaan jalur pipa pitot - static menciptakan lebih ringan , sederhana , sistem dengan koneksi yang lebih sedikit , sehingga kurang rentan terhadap kebocoran dan lebih mudah untuk mempertahankan . Satu kali perhitungan kompensasi dapat dilakukan di dalam komputer , menghilangkan kebutuhan untuk membangun perangkat kompensasi ke berbagai instrumen individu atau unit sistem menggunakan data udara. DADCs dapat menjalankan jumlah cek untuk memverifikasi masuk akal dari data yang diterima dari sumber apapun pada pesawat. Dengan

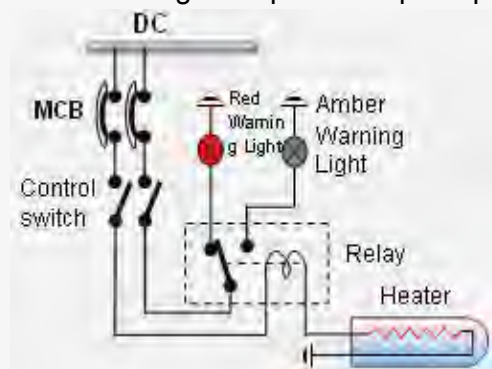
demikian , kru dapat diberitahu otomatis dari parameter yang luar biasa . Ubah ke sumber data alternatif juga bisa otomatis sehingga dek penerbangan yang akurat dan sistem operasi yang terus menerus dipertahankan. Secara umum, teknologi solid-state lebih handal dan unit modern kecil dan ringan .Gambar menunjukkan skema bagaimana DADC tersambung ke pitot -statis dan sistem pesawat.

ADCs receive input from the pitot-static sensing devices and process them for use by numerous aircraft systems

c. Rangkuman

- Komponen Pitot satatic system adalah
  - Pitot tube
  - Static vent
  - Altimeter
  - Air Speed Indicator
  - Vertical Speed Indicator
  - Machmeter (untuk pesawat supersonic)

- Tekanan statis dan tekanan dinamis
  - Pitot pressure : disebut juga tekanan dinamis/ dinamis pressure, ram pressure, impact pressure yaitu tekanan udara pada suatu bidang yang disebabkan oleh bergeraknya bidang tersebut diudara.
  - Static pressure : tekanan udara pada ruang terbuka

- Fungsi komponen *"Pitot satatic system"* adalah
  - Pitot tube disebut juga pitot head atau pressure head, jenis-jenis tekanan yang ada pada pitot head adalah *pitot pressure* dan *static pressure*.
  - Static vent merupakan sumber tekanan static cadangan bila tekanan static yang dihasilkan dari pitot head ada gangguan/ tersumbat, penempatan static vent umumnya berada disamping tubuh pesawat (fuselage)
  - Altimeter berfungsi untuk mengukur ketinggian pesawat udara
  - Vertical speed indicator berfungsi untuk mengetahui kecepatan vertical (naik/ turun) dari pada pesawat
  - Air speed indicator berfungsi untuk mengetahui kecepatan udara saat pesawat terbang
  - Mach meter berfungsi untuk mengetahui kecepatan udara dibandingkan dengan kecepatan suara

- Sistem pemanas pada pitot head gunanya untuk mencegah tertutupnya lobang-lobang pipa pitot akibat adanya es
- Gambar rangkaian pemanas pada pitot head

d. Tugas

1) Sebutkan komponen *“pitot static system” !*

2) Apa yang dimaksud dengan *static vent ?*

3) Apa fungsi dari :

- Altimeter
- Vertical speed indicator
- Air speed *indicator*

e. Tes formatif

1) Apa yang dimaksud dengan :

- tekanan statis …………
- tekanan dinamis……….

2) Apa arti warna lampu abu-abu dan merah pada rangkain pemanas pitot head

3) Sebutkan komponen-konponen pada rangkaian pemanas pada pitot head

f. Kunci jawaban tes formatif

1) Tekanan statis dan tekanan dinamis adalah

- Static pressure : tekanan udara pada ruang terbuka
- Pitot pressure : disebut juga tekanan dinamis/ dinamis pressure, ram pressure, impact pressure yaitu tekanan udara pada suatu bidang yang disebabkan oleh bergeraknya bidang tersebut diudara.

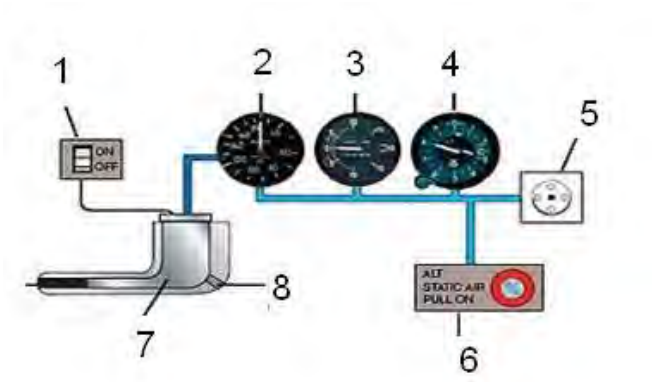
2) bila heater bekerja normal maka lampu warna amber (abu-abu) yang menyala, dan bila heater tidak bekerja secara normal atau rusak maka lampu warna merah yang menyala.

3) Fungsi komponenrangkaian pemanas

- MCB : sebagai pengaman bila terjadi beban lebih/ hubung pendek
- Control switch : untuk memutus atau menghubungkan aliran listrik (ON/OFF) dari sumber listrik ke relai dan ke elemen pemanas

- Relay ; berfungsi sebagai saklar magnet, bila kumparan relay di beri tegangan maka kontak relai NC terbuka dan kontak relai NO tertutup.
- Elemen pemanas : mengubah enersi listrik menjadi enersi panas, sehingga badan pitot head menjadi panas , dan static hole maupun dynamic hole tidak tertutup es

g. Lembar kerja siswa

Sebutkan nama-nama komponen pitot static system dibawah ini dan jelaskan fungsinya masing-masing

No	Nama komponen	fungsi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

3. Pembelajaran Ketiga

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

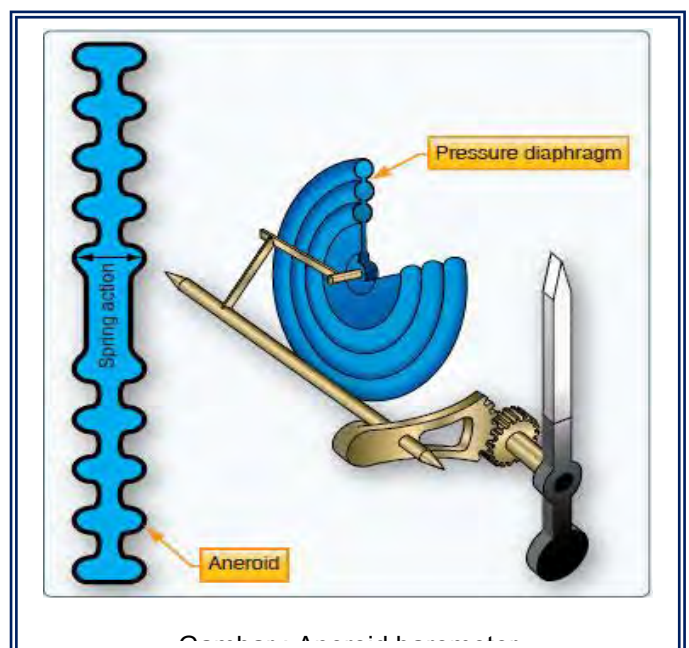
- Menjelaskan pengertian tekanan
- Menjelaskan pengertian tekanan absolut
- Menjelaskan Gage Pressure (Tekanan Gage).
- Menjelaskan Differential Pressure
- Menjelaskan beberapa pengukuran tekanan

b. Uraian materi

PENGUKURAN TEKANAN

Tekanan (pressure) jumlah gaya yang terjadi per satuan penampang, sebagai contoh, apabila kita memberikan gaya sebesar 10 kg pada suatu piston dengan luas penampang 1 cm persegi di dalam silinder yang berisi air, maka pada air tersebut terdapat tekanan sebesar 10 kg/cm^2, Satuan tekanan yang dipergunakan adalah kg/cm2, p.s i. (pounds per square inch) dan inch Hg (inch of Mercury). Atmosfir bumi yang terdiri dari lapisan udara mempunyai tekanan pada permukaan laut (sea level) sebesar 29,92 inch Hg atau sama dengan 11,7 psi atau lkg/cm^2. Tekanan udara pada sea level ini merupakan standar tekanan atmosfir dan dipakai sebagai referensi untuk menentukan jenis-jenis tekanan, seperti tekanan absolut (absolute pressure), gage pressure (tekanan ga ge) dan differential pressure.

1) Tekanan Absolut (Absolut Pressure).

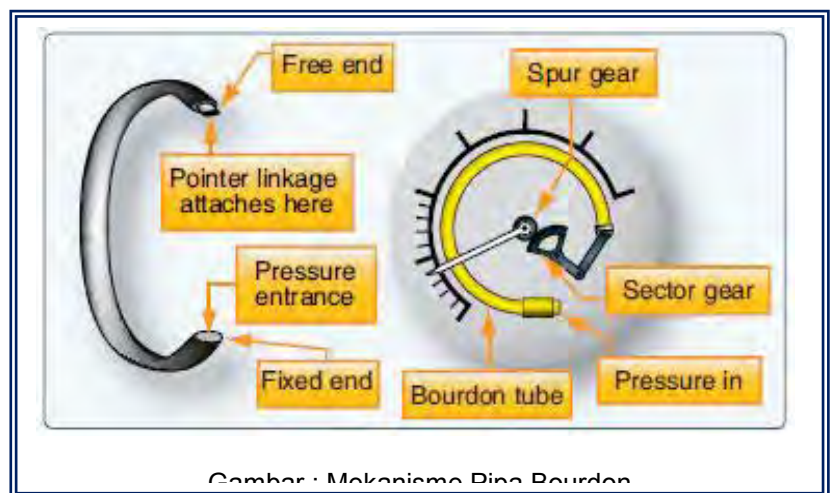
Tekanan absolut adalah besarnya tekanan yang pengukurannya dimulai dari nol (dalam keadaan vacum).Pengukuran tekanan absolut ini dapat mempergunakan barometer mercury ataupun aneroid barometer. Barometer mercury mempergunakan sebuah tabung kaca yang salah satu ujuugnya tertutup rapat dan diisi penuh dengan cairan mercury dan kemudian ujung yaug terbuka dimasukkan ke dalam gelas yang juga berisi cairan mercury dengan posisi tegak Cairan mercury dalam tabung kaca akan turun hingga ada ruangan yang hampa pada bagian atas. Dalam keadaan demikian tekanan atmosfir pada permukaan mercury dalam gelas

mempertahankan posisi mercury pada tabung kaca dalam keaadaan vacum (hampa) dan dengan demikian terjadi perubahan tinggi permukaan Selisih tinggi permukaan ini apabila diukur pada sea level adalah 29,92 inci dan ini adalah merupakan tekanan udara pada sea level.

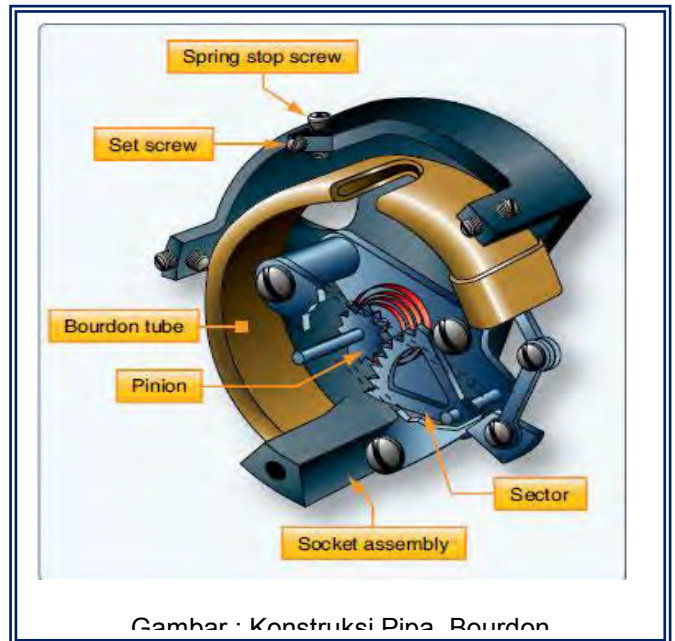
Aneroid barometer mempergunakan kapsul sebagai sensing element (elemen perasa) seperti pada gambar Kapsul ini terdiri dari dua buah lempengan corrugated metal yang di lem menjadi satu dimana ruangan bagian dalam ini dibuat hampa udara (vacum) dan diantara kedua lempengan ini dipasangkan spring (per) untuk mengimbangi tekanan atmosfir.

Aneroid barometer ini bekerja atas dasar perubahan tekanan pada bagian luar dari kapsul, perubahan tekanan pada bagian luar dari kapsul akan menyebabkan pengembangan atau penyusutan kapsul karena adanya aksi dari spring. apabila tekanan diluar kapsul bertambah besar maka capsule ini menyusut hingga tekanan di luar tadi sama besar dengan aksi dari pada spring dan demikian juga sebaliknya apabila tekanan di luar berkurang maka spring akan mendorong kapsul mengembang hingga mendapatkan aksi dari spring dan tekanan di luar kapsul sama besar.

Pergerakan kapsul ini diteruskan melalui lever dan mekanisme gigi yang akhirnya memutarkan pointer untuk memberikan penunjukkan pada dial yang dapat di kalibrasikan menjadi psi ataupun inch Hg.

2) Gage Pressure (Tekanan Gage).

Gage pressure adalah besarnya tekanan di atas tekanan standar atmosfir (sebagai titik nol adalah sebesar tekanan atmosfir pada sea level). Sebagai contoh apabila suatu gage pressure indicator menunjukkan tekanan sebesar 10 psi maka ini berarti menunjukkan tekanan 10 psi di atas tekanan standar atmosfir atau dengan kata lain apabila tekanan ini kita ukur dengan absolut pressure indicator akan menunjukkan 10 psi + 14,7 psi atau sama dengan 24,7 psi

Untuk mencegah kekeliruan pembacaan antara tekanan absolut dengan tekanan gage maka biasanya diberikan tanda pada satuan tekanannya tanda yang menunjukkan tekanan absolut ditambahkan huruf 'a' dibelakang satuannya, seperti, 10 psi a (10 psi absolut) dan tanda untuk satuan gage dengan menambahkan huruf 'g' dibelakang satuan tekanannya, seperti, 10 psi g (10 psi gage yang biasanya tidak dicantumkan).

Pada dasarnya tekanan gage diukur dengan jalan memberikan tekanan pada penampang yang sudah ditentukan dan mengukur besarnya gaya yang terjadi, akan tetapi dalam penggunaannya pada instrumen pesawat terbang tekanan yang besar di ukur dengan mempergunakan mekanisme Bourdon Tube (Tabung Bourdon) seperti pada gambar

Gambar : Konstruksi Pipa Bourdon

Bourdon tube adalah suatu alat yang terbuat dari metal (logam) yang bagian dalamnya berlobang dan mempunyai penampang oval (elliptical shape) yang kemudian di bengkokkan hingga berbentuk bulan sabit (cresent moon). Salah satu ujungnya terbuka untuk menghubungkan dengan sumber tekanan dan ujung yang satu lagi tertutup dan dapat bergerak.Ujung yang dapat bergerak ini dihubungkan dengan lever, sector gear dan pointer. Besarnya pergerakan tube (tabung) ini akan menentukan besarnya penunjukan dari tekanan. Tekanan di dalam bourdon tube berusaha untuk meluruskan bentuknya yang melingkar, pergerakan yang kecil ini diteruskan melalui lever, sector gear dan pinion untuk memutarkan pointer.

Untuk pengukuran tekanan yang relatif rendah dapat dipergunakan capsule atau bellows,

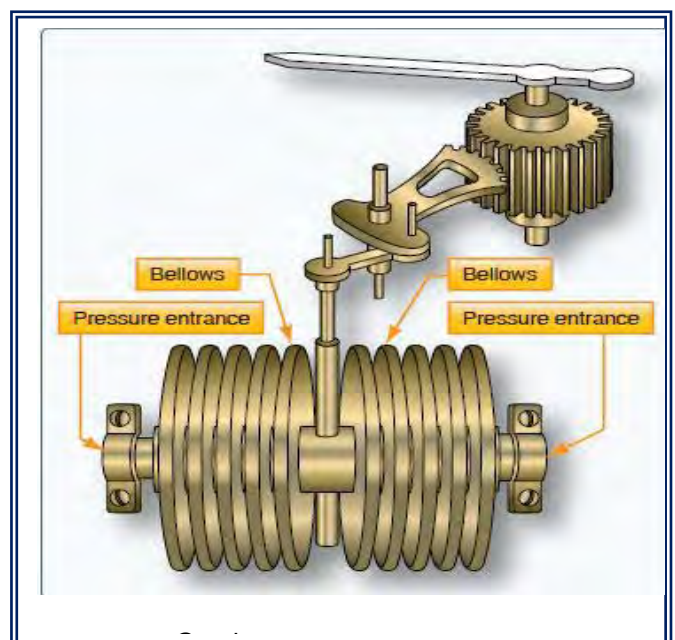
Tekanan yang akan diukur dimasukkan ke dalam bellows dimana salah satu ujungnya bebas bergerak dan ujung lain tidak bergerak (fixed).

Tekanan yang dimasukkan ke dalam bellows ini akan mengakibatkan pergerak ujung yang bergerak bebas dan selanjutnya diteruskan melalui lever, sector gear dan pinion untuk memutar pointer

Pengukur tekanan dengan bellows

Differential Pressure.

Differential pressure adalah perbedaan antara dua tekanan.Perbedaan ini perlu diketahui apabila antara kedua tekanan tersebut saling berkaitan, seperti antara tekanan di dalam dan di luar kabin pesawat. Perbedaan ini dapat diukur dengan mempergunakan bellows ataupun dengan diaphragm (diafragma atau membran).

Pada gambar menunjukkan penggunaan

diafragma untuk mengukur perbedaan tekanan di dalam cabin dan di luar cabin.

Diafragma memisahkan ruangan tekanan menjadi dua, salah satu dihubungkan dengan tekanan kabin dan yang satu lagi dihubungkan dengan udara luar. Apabila terjadi perbedaan tekanan maka diafragma ini akan bergerak ke arah tekanan yaug lebih rendah dan besarnya gerakan tergantung dari besarnya perbedaan antara kedua tekanan tersebut. Pada tengah-tengah dari diafragma dipasangkan lever untuk menggerakkan sector gear yang selanjutnya memutarkan pointer dan memberikan penunjukan perbedaan tekanan pada dial.

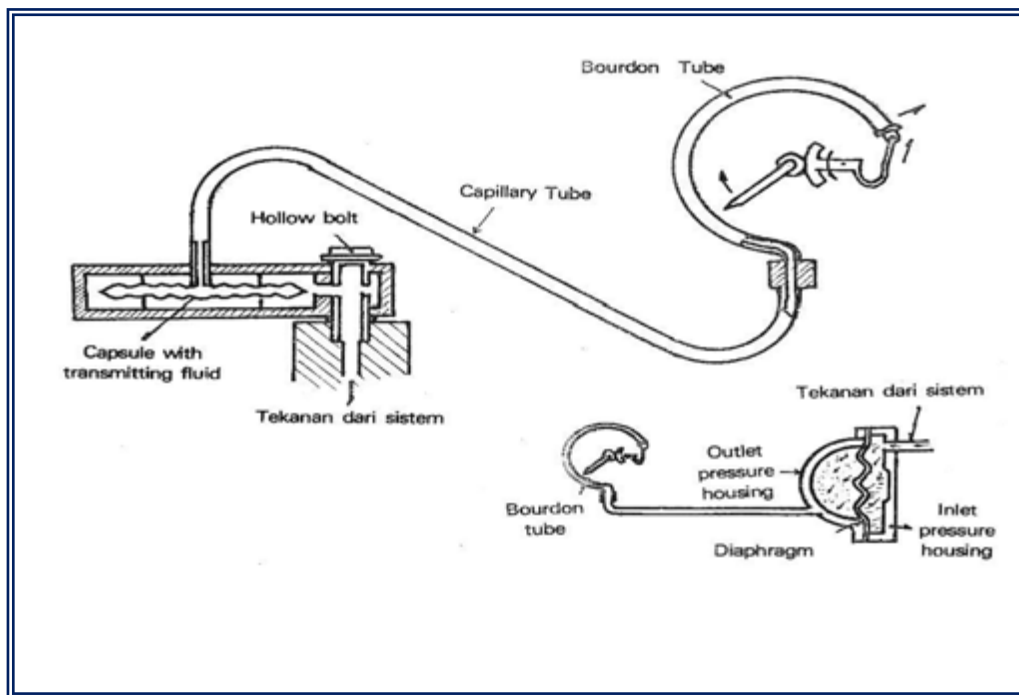
Sistem dari pada pressure instrument (instrumen tekanan) pada pesawal terbang ditinjau dari hubungan antara indikator dan sutnber tekanan ada dua macam, yaitu : Direct Reading Indicator (sistim pembacaan langsung) dan Remote Indicating System (sistem pembacaan tidak langsung). Direct reading idikator mempunyai hubungan langsung antara indikator dengan sumber tekanan atau dengan kata lain bahwa tekanan dari sistem langsung ke Indikator dengan media yang sama seperti halnya oil pressure indikator.

Remote indicating system mempergunakan transmitter (perantara) untuk meneruskan tekanan dari sistem ke indikator.

Transmitter ini bisa berupa Capsule atau Diaphragma yang dihubungkan dengan pipa Kapiler ke indikator dimana di dalamnya di isi dengan cairan, seperti Hepatane (paraffin hydrocarbon) yang dipergunakan sebagai media untuk memindahkan tekanan dari sistem

Gambar menunjukkan penggunaan capsule dan diafragma sebagai transmitter untuk remote indicating system.

Disc spring di bagian belakang diaphragm yang berusaha membawa switch ke posisi menentukan dilawan oleh helical spring yang tendensinya membuka switch. Tensi dari helical spring dapat di stel (adjustable), yang dimaksudkan agar supaya posisi switch dapat diatur dalam keadaan tertutup pada tekanan yang diinginkan.

Bourdon Tube
Capillary Tube
Hollow bolt
Capsule with transmitting fluid
Tekanan dari sistem
Tekanan dari sistem
Outlet pressure housing
Bourdon tube
Inlet pressure housing
Diaphragm

c. rangkuman

- **Tekanan (pressure)** jumlah gaya yang terjadi per satuan penampang, sebagai contoh, apabila kita memberikan gaya sebesar 10 kg pada suatu piston dengan luas penampang 1 cm persegi di dalam silinder yang berisi air, maka pada air tersebut terdapat tekanan sebesar 10 kg/cm2, Satuan tekanan yang dipergunakan adalah kg/cm2, p.s i. (pounds per square inch) dan inch Hg (inch of Mercury).

- **Tekanan absolut** adalah besarnya tekanan yang pengukurannya dimulai dari nol (dalam keadaan vacum).

- **Gage pressure** adalah besarnya tekanan di atas tekanan standar atmosfir (sebagai titik nol adalah sebesar tekanan atmosfir pada sea level). Sebagai contoh apabila suatu gage pressure indicator menunjukkan tekanan sebesar 10 psi maka ini berarti menunjukkan tekanan 10 psi di atas tekanan standar atmosfir atau dengan kata lain apabila tekanan ini kita ukur dengan absolut pressure indicator akan menunjukkan 10 psi + 14,7 psi atau sama dengan 24,7 psi

- **Aneroid barometer** ini bekerja atas dasar perubahan tekanan pada bagian luar dari kapsul, perubahan tekanan pada bagian luar dari kapsul akan menyebabkan pengembangan atau penyusutan kapsul karena adanya aksi dari spring

- **Bourdon tube** adalah suatu alat yang terbuat dari metal (logam) yang bagian dalamnya berlobang dan mempunyai penampang oval (elliptical shape) yang kemudian di bengkokkan hingga berbentuk bulan sabit (cresent moon). Salah satu ujungnya terbuka untuk menghubungkan dengan sumber tekanan dan ujung yang satu lagi tertutup dan dapat bergerak. Ujung yang dapat bergerak ini dihubungkan dengan lever, sector gear dan pointer.

- **Capsule Atau Bellows:** untuk pengukuran tekanan yang relatif rendah dapat dipergunakan capsule atau bellows, Tekanan yang akan diukur dimasukkan ke dalam bellows dimana salah satu ujungnya bebas bergerak dan ujung lain tidak bergerak (fixed).

- **Differential pressure** adalah perbedaan antara dua tekanan. Perbedaan ini perlu diketahui apabila antara kedua tekanan tersebut saling berkaitan

- **Direct reading idikator** mempunyai hubungan langsung antara indikator dengan sumber tekanan atau dengan kata lain bahwa tekanan dari sistem langsung ke Indikator dengan media yang sama seperti halnya oil pressure indicator

- **Remote indicating system** mempergunakan transmitter (perantara) untuk meneruskan tekanan dari sistem ke indikator

d. Tugas

1) Jelaskan pengertian tekanan !
2) Jelaskan pengertian tekanan absolute !
3) Jelaskan pengertian Gage pressure !

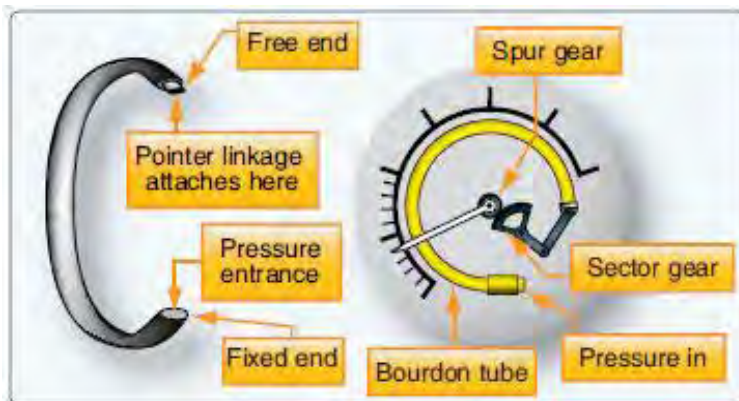
e. Tes formatif

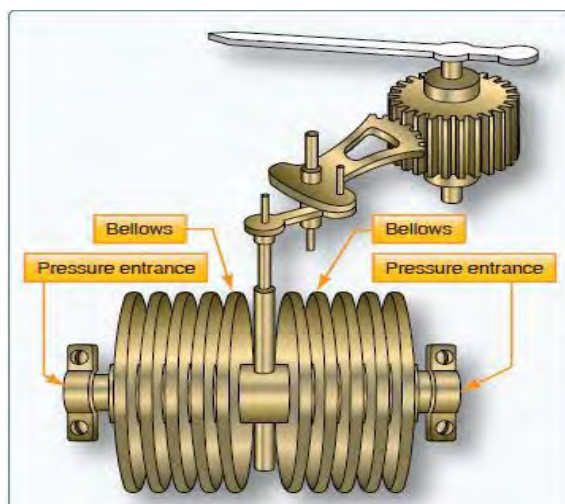
1) Gambarkan mekanisme bourdon dalam pengukuran tekanan, dan jelaskan prinsip kerjanya !

2) Jelaskan bagaimana cara mengukur perbedaan tekanan dari dua tempat yang berbeda yang saling berkaiatan, missal tekanan diluar dan didalam kabin !

3) Jelasa prinsip pengukuran dengan Remote indicating system !

f. Kunci jawaban tes formatif

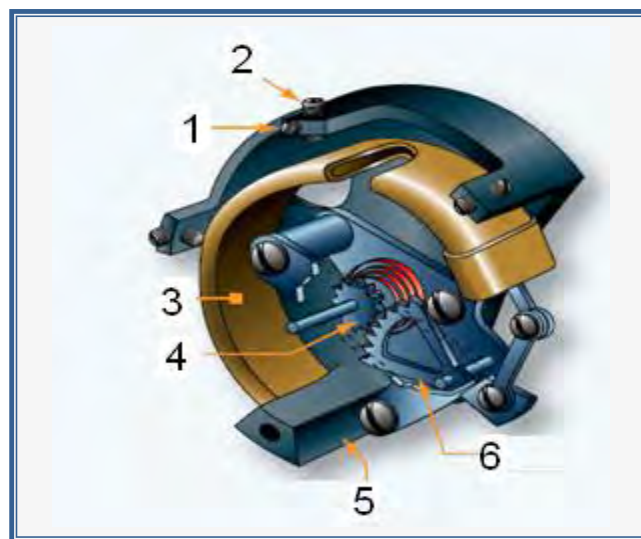
1) Gambar **mekanisme bourdon tube**

Bourdon tube adalah suatu alat yang terbuat dari metal (logam) yang bagian dalamnya berlobang dan mempunyai penampang oval (elliptical shape) yang kemudian di bengkokkan hingga berbentuk bulan sabit (cresent moon). Salah satu ujungnya terbuka untuk menghubungkan dengan sumber tekanan dan ujung yang satu lagi tertutup dan dapat bergerak. Ujung yang dapat bergerak ini dihubungkan dengan lever, sector gear dan pointer. Besarnya pergerakan tube (tabung) ini akan menentukan besarnya penunjukan dari tekanan

2) **Differential Pressure**

penggunaandiafragma untuk mengukur perbedaan tekanan di dalam cabin dan di luar cabin.Diafragma memisahkan ruangan tekanan menjadi dua, salah satu dihubungkan dengan tekanan kabin dan yang satu lagi dihubungkan dengan udara luar. Apabila terjadi perbedaan tekanan maka diafragma ini akan bergerak ke arah tekanan yaug lebih rendah dan besarnya gerakan tergantung

dari besarnya perbedaan antara kedua tekanan tersebut. Pada tengah-tengah dari diafragma dipasangkan lever untuk menggerakkan sector gear yang selanjutnya memutarkan pointer dan memberikan penunjukan perbedaan tekanan pada dial.

3) **Remote indicating system** mempergunakan transmitter (perantara) untuk meneruskan tekanan dari sistem ke indikator

g. Lembar kerja siswa

Sebutkan nama dan fungsi pipa bourdone !

No	Nama komponen	fungsi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

4. Pembelajaran Keempat

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menjelaskan fungsi altimeter
- Menjelaskan prinsip kerja altimeter
- Menjelaskan Jenis-jenis ketinggian
- Menjelaskan kesalahan-kesalahan pada altimeter
- Menjelaskan prinsip kerja radio altimeter

b. Uraian materi

ALTIMETER

Altimeter adalah suatu instrumen yang dipakai untuk mengetahui ketinggian pesawat terhadap suatu landasan atau tinggi pesawat terhadap permukaan laut.

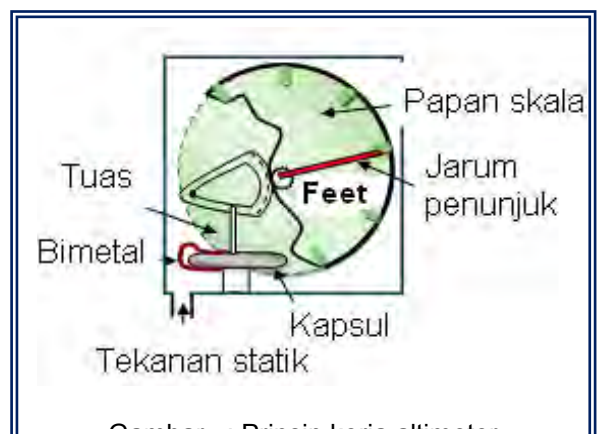
Altimeter atau pengukur tinggi yang kita bicarakan dikenal dengan nama barometer altimeter atau pressure altimeter. Pressure altimeter sebetulnya adalah sebuah barometer atau pengukur tekanan atau pengukur perbedaan tekanan yang hasil pengukurannya dinyatakan dalam satuan panjang bukan dalam satuan tekanan (feet).

Untuk dapat menggunakan altimeter dengan baik adalah penting untuk mengetahui prinsip bekerjanya dan efek dari pada tekanan barometrik pada altimeter.

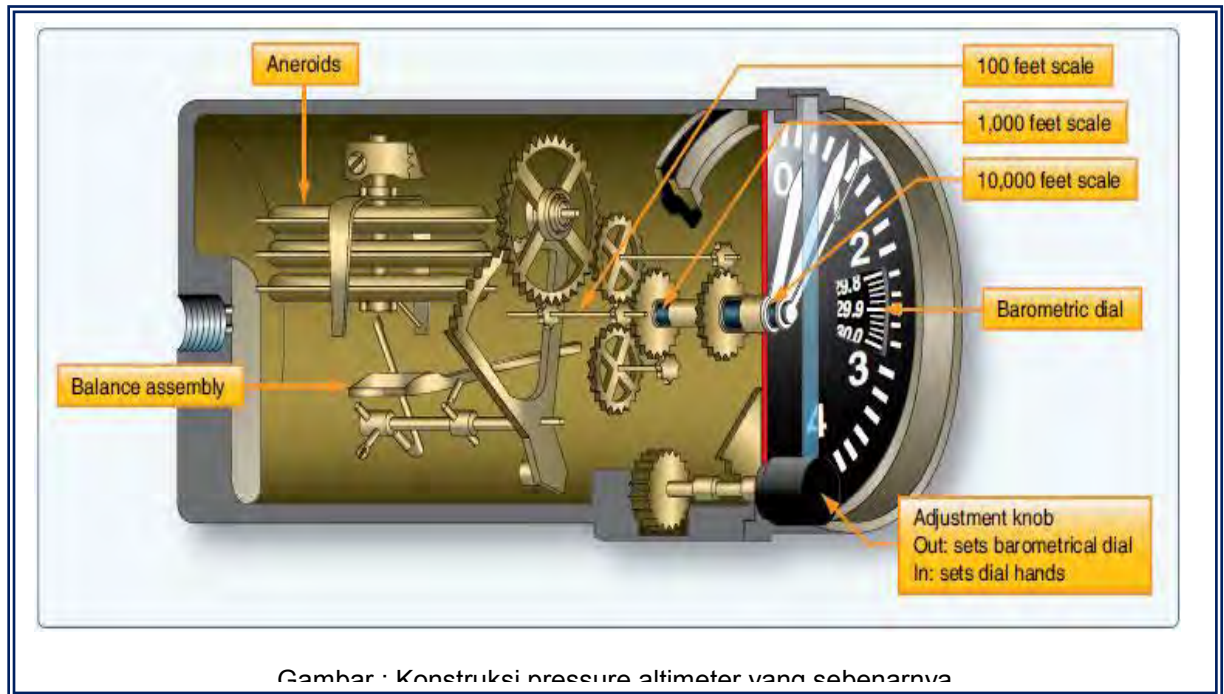
.

1) Prinsip Kerja

Udara adalah lebih padat dipermukaan bumi dari pada udara di atasnya Apabila ketinggiannya makin bertambah maka tekanan udaranya makin berkurang.

Tekanan udara yang berbeda-beda pada tinggi yang berlainan ini dipakai pada altimeter untuk menunjukkan perubahan tinggi.Jadi secara sederhana altimeter ini sesungguhnya adalah sebuah barometer logam (aneroid barometer) yang pembacaannya tidak dalam satuan tekanan tetapi dalam feet.Pembacaan instrumen ini terpengaruh juga oleh perubahan tekanan

di tanah yang disebabkan karena perubahan-perubahan keadaan atmosfir.Pada sensitive altimeter dilengkapi dengan suatu mekanisme untuk mengkoreksi kesalahan-kesalahan yang disebabkan karena perubahan tekanan ini.

2) Konstruksinya.

Gambar : Konstruksi pressure altimeter yang sebenarnya

Mekanismenya terdiri dari 3 buah kapsul logam (aneroid capsule) yang udara di dalamnya hampa (vacuum), sehingga mengembang atau mengempisnya kapsule hanya karena tekanan statik saja.Yang dipasang di dalam suatu rumah instrumen (instrument case) yang kedap udara (air tight).Dari rumah instrumen ini dihubungkan dengan atmosfir melalui lubaug stlatik (statik vent atau statik head).

Seperti kita ketahui makin tinggi suatu tempat, tekanan udaranya adalah makin kecil, yang berarti makin tinggi pesawat itu terbang maka kapsulnya makin mengembang.

Pengembangan dari kapsule diteruskan melalui sebuah tuas dimana tuas ini pada satu ujungnya dihubungkan pada rocking shaft sehingga berputar.Rocking shaft ini memutar gear-gear yang dihubungkan dengan 3 buah jarum penunjuk (pointer). Sebuah jendela kecil pada sebelah kanan terlihat skala barometrik yang terbaca dalam inch Hg yang dihubungkan dengan roda-roda gigi ke zero setting knob. Penampung dari altimeter dapat dilihat pada gambar .

Untuk mengkompensir kesalahan-kesalahan yang disebabkan oleh karena perubahan temperatur yang mempengaruhi kapsul dan mekanisme pada altimeter digunakan bi-metalic strip atau bi-metallic u-spring. Bi-metallic u-spring adalah per dengan bentuk huruf U dan dibuat dari lapisan yang berasal dari dua logam yang berbeda koeffisien muainya, sehingga bila terjadi perubahan suhu maka mulut huruf U akan makin terbuka atau makin tertutup

3) Membaca Altimeter.

Untuk membaca altimeter, maka altimeter dilengkapi dengan 3 buah jarum penunjuk.Dalam satu kali putaran jarum pendek menunjukkan puluhan ribuan dan jarum panjang menunjukkan ratusan.

4) Jenis Ketinggian (Altitude)

- *Indicated altitude* adalah tinggi yang dibaca dari altimeter.
- *Pressure altitude* adalah tinggi yang dibaca dari altimeter apabila skala barometrik di set pada 29,92 in.Hg atau 1013 m.b.
- *Density altitude* adalah pressure altitude yang telah dikoreksi terhadap suhu.
- *True altitude* adalah tinggi pesawat terhadap permukaan laut (sea level).
- *Absolute altitude* adalah tinggi pesawat terhadap suatu dataran.

5) Altimeter Errors

- *Instrumen errors* adalah kesalahan yang disebabkan usia atau umur dari altimeter, makin tua usia altimeter makin tidak elastis kapsul-kapsulnya, dan makin besar instrumen errornya. Besarnya kesalahan tidak boleh melebihi +3 feet atau -45 feet pada permukaan laut. .
- *Position error atau installation eror* adalah kesalahan yang disebabkan pitot tube tidak menghadap ke arah airflow dan tekanan dinamis yang memasuki static vent atau static holes.
- *Lag error atau hysterisis error* adalah kesalahan yang disebabkan oleh terlambatnya tekanan dalam rumah instrumen untuk menyesuaikan diri dengan tekanan atmosfir.
- *Barometris error*adalah kesalahan yang disebabkan karena tekanan-tekanan di dalam atmosfir tidaklah sama dengan tekanan-tekanan pada standar atmosfir atau pressure lapserate.

c. Rangkuman

- **Altimeter** adalah suatu instrument yang dipakai untuk mengetahui ketinggian pesawat terhadap suatu landasan atau tinggi pesawat terhadap permukaan laut

- **Konstruksi**
  Mekanismnya terdiri dari 3 buah kapsul logam (aneroid capsule) udara di dalamnya hampa (vacuum), sehingga mengembang atau mengempisnya kapsule hanya karena tekanan statik saja.Yang dipasang di dalam suatu rumah instrumen (instrument case) yang kedap udara (air tight).Dari rumah instrument ini dihubungkan dengan atmosfir melalui lubang statik (statik vent atau statik head).

- **Jenis Ketinggian (Altitude)**
  - *Indicated altitude* adalah tinggi yang dibaca dari altimeter.
  - *Pressure altitude* adalah tinggi yang dibaca dari altimeter apabila skala barometrik di set pada 29,92 in.Hg atau 1013 m.b.
  - *Density altitude* adalah pressure altitude yang telah dikoreksi terhadap suhu.
  - *True altitude adalah tinggi pesawat terhadap permukaan laut (sea level).*
  - *Absolute altitude* adalah tinggi pesawat terhadap suatu dataran.

- **Altimeter Errors**
  - *Instrumen errors* adalah kesalahan yang disebabkan usia atau umur dari altimeter, makin tua usia altimeter makin tidak elastis kapsul-kapsulnya, dan makin besar instrumen errornya. Besarnya kesalahan tidak boleh melebihi +3 feet atau -45 feet pada permukaan laut. .
  - *Position error* atau installation eror adalah kesalahan yang disebabkan pitot tube tidak menghadap ke arah airflow dan tekanan dinamis yang memasuki static vent atau static holes.
  - *Lag error atau hysterisis error* adalah kesalahan yang disebabkan oleh

d. Tugas

1) Jelaskan prinsip kerja altimeter !
2) Apa fungsi bimetal yang ada pada kapsul pada altimeter ?
3) Apa yang dimaksud Instrumen errors ?
4) Apa yang dimaksud Lag error atau hysterisis error ?
5) Apa yang dimaksud Indicated altitude ?
6) Apa yang dimaksud Pressure altitude ?

e. Tes formatif

1) Jelaskan apa yang dimaksud *True altitude !*

2) Jelaskan apa yang dimaksud *Absolute altitude !*

3) Apa yang dimaksud dengan*Position error atau installation eror ?*

4) Apa yang dimaksud dengan *Barometriserror ?*

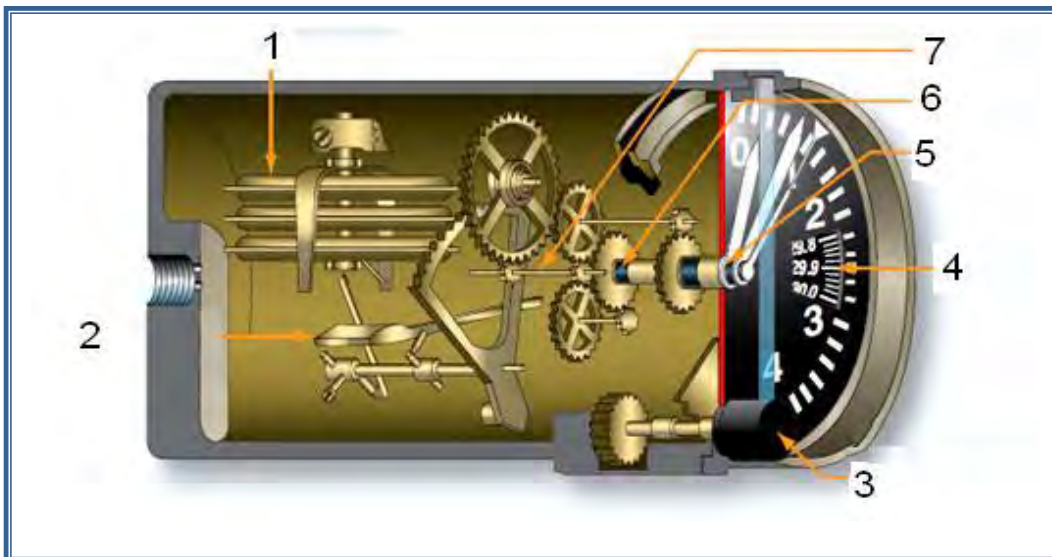
f. Kunci jawaban tes formatif

1) *True altitude* adalah tinggi pesawat terhadap permukaan laut (sea level).

2) *Absolute altitude* adalah tinggi pesawat terhadap suatu dataran.

3) *Position error* atau installation eror adalah kesalahan yang disebabkan pitot tube tidak menghadap ke arah airflow dan tekanan dinamis yang memasuki static vent atau static holes

4) *Barometris error* adalah kesalahan yang disebabkan karena tekanan-tekanan di dalam atmosfir tidaklah sama dengan tekanan-tekanan pada standar atmosfiratau pressure lapserate

g. Lembar kerja siswa

No	Nama komponen	fungsi
1		
2		
3		
4		

5		
6		
7		

5. Pembelajaran Kelima

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menyebutkan fungsi Vertical Speed Indicator
- Menjelaskan prinsip kerja Vertical Speed Indicator
- Menyebutkan fungsi Air Speed Indicator
- Menjelaskan prinsip kerja Air Speed Indicator
- Menjelaskan kesalahan-kesalahan pada Air Speed Indicator
- Menjelaskan fungsi machmeter

b. Uraian materi

VERTICAL SPEED INDICATOR

Vertical speed indicator atau rate of climb indicator adalah salah satu dari ketiga instrumen yang termasuk dalam group pitot-statik flight instrumen.Instrumen ini dipakai untuk mengetahui kecepatan naik/turun dan kecepatan vertical dari pesawat, diukur dalan satuan feet per menit.

1) Konstruksi

Vertical speed indicator mempunyai konstruksi yang terdiri dari 3 bagian utama yaitu, sebuah diafragma (kapsul), indicating element dan metering unit kapsul atau diafragma berada di dalam sebuah kotak atau rumah instrumen yang kedap udara, dan dibuat dari bahan yang tidak mudah terpengaruh oleh perubahan suhu udara luar.

Rumah instrumen dihubungkan dengan tekanan udara.luar atau atmosfir oleh pipa statis dan pipa kapiler (capillary tube) melalui sebuah lubang pengontrol. Lubang pengontrol ini kadang-kadang dinamakan "Metering unit atau restricted chore". Sedang tekanan udara luar (atmosphere pressure) dapat masuk langsung kebagian dalam dari diafragma rnelalui lubang statis (static vent), pipa statis .

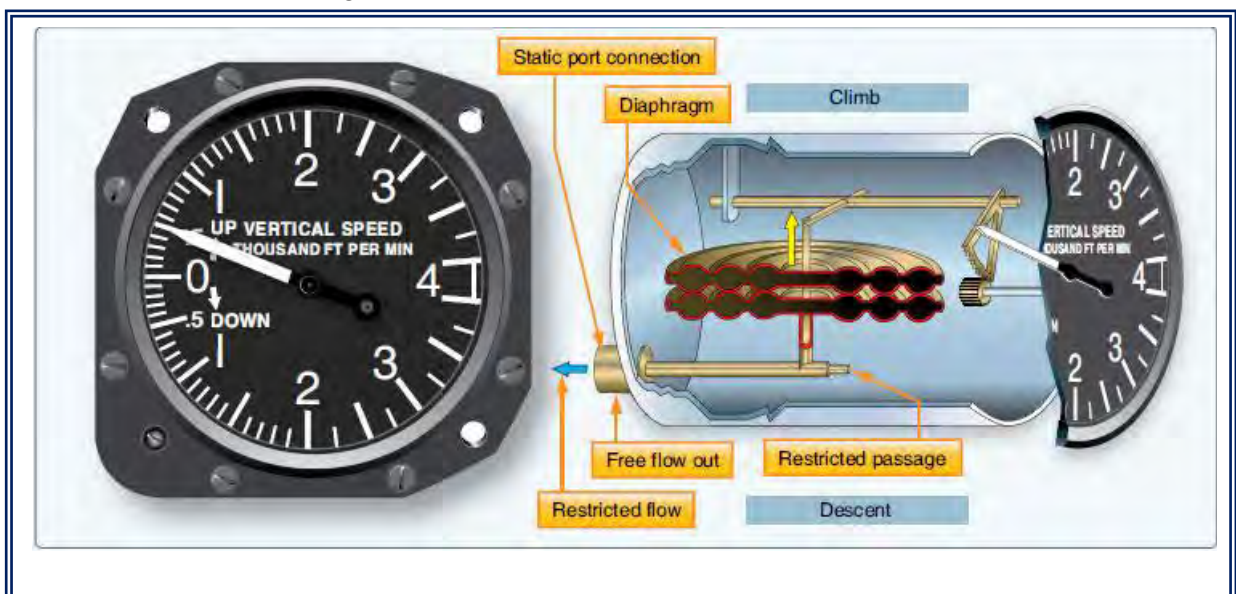
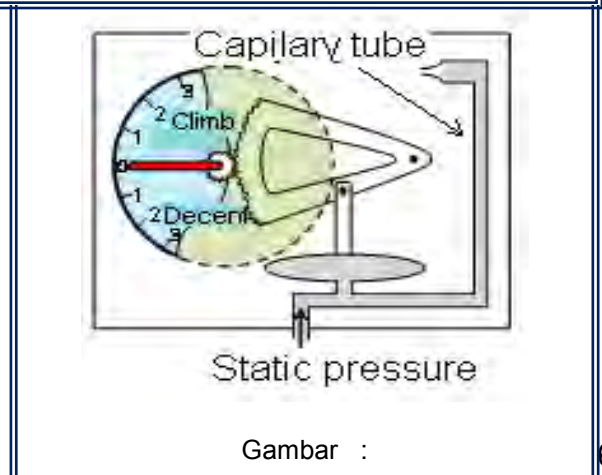
Jarum (pointer) akan horizontal atau pada posisi "jam 9" pada saat pesawat terbang mendatar (straight and level flight), juga merupakan titik nol dari V.S.I. jarum akan bergerak ke atas pada

waktu posisi pesawat terbang naik (climbing) dan akan bergerak ke bawah pada waktu posisi pesawat terbang turun (descending).

2) Prinsip Kerjanya.

Instrumen ini mengukur secara sensitif perbedaan tekanan atmosfir yang disebabkan karena kecepatan perubahan tinggi. Apabila tinggi pesawat berubah maka tekanan statiknya akan berubah juga; tekanan di dalam diafragma akan berubah lebih cepat dari pada tekanan dalam rumah instrument sehingga diafragma akan bergerak.

Bila pesawat terbang mendatar (level flight) maka tekanan di dalam kapsul akan sama dengan atmosfir. Apabila pesawat naik, maka tekanan di dalam diafragma akan berubah lebih cepat dari pada tekanan di dalam rumah instrumen sehingga diafragma akan mengempis.

Demikian sebaliknya bila pesawat bergerak turun maka tekanan di dalam kapsul akan cepat menyesuaikan diri dengan tekanan atmosfir, sedang tekanan di dalam rumah instrumen akan lebih lambat menyesuaikan karena hubungan ke atmosfir harus melalui jalan yang sempit (lubang pengontrol) sehingga tekanan didalam diafragma lebih besar dan diafragma akan mengembang. Selama pesawat masih bergerak naik atau turun maka selama itu akan terdapat perbedaan

tekanan antara diafragma dan rumah instrumen. Makin cepat pesawat naik atau turun akan makin besar perbedaan tekanan tersebut. Bila pesawat berhenti naik atau turun, dengan perkataan lain terbang mendatar kembali, maka perbedaan tekanan tersebut akan segera hilang, karena kedua ruangan yaitu diafragma dan rumah instrumen saling berhubungan. Perbedaan tekanan inilah yang menyebabkan diafragma / kapsul mengembang dan mengempis,

Gambar :

pengembangan dan akan diteruskan kemudian akan rocking shaft. Rocking sektor yang bergigi, mutarkan hand shaft (pointer).

Gambar

pengempisan diafragma melalui sebuah tuas yang memutarkan sebuah shaft ini akan memutarkan yang selanjutnya dan jarum penunjuk

Mekanisme posisi pesawat dan naik ditunjukkan penunjukan V.S.I. dengan terbang mendatar, turun pada gambar

Kelemahanrate-of-climb mekanismeseperti yang dijelaskanadalahbahwa adaketerlambatandarienam sampai sembilandetik sebelumperbedaantekanan yang terjadi kembali stabil .instantaneous vertical speed indicator (IVSI) memiliki mekanisme sedemikian rupa untuk mengurangiketerlambatanini. Kecil,ringandashpotbermunculan, ataupiston, bereaksi terhadapperubahanketinggian menanjaktiba-tibaatau menurun.Sebagaiaccelerometerkecilinimelakukannya, memompaudaramasuk atau keluar daridiafragma, mempercepatpembentukanperbedaan tekananyang menyebabkanindikasiyang tepat.

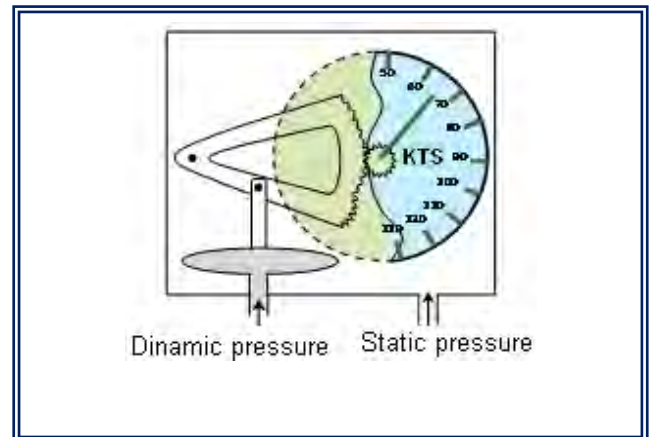
AIR SPEED INDICATOR (ASI)

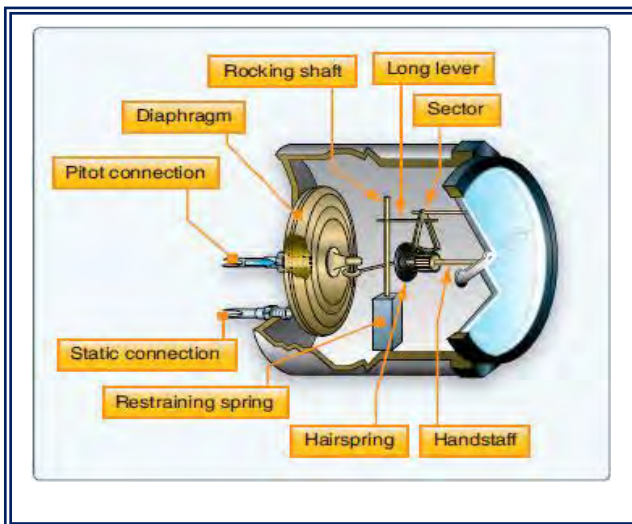
Bila kita bergerak, selain mendapat tekanan statis kita merasakan pula tekanan yang lain; tekanan ini kita rasakan pada bagian depan, kearah mana kita bergerak. Dan tekanan ini makin kuat kita rasakan bila gerak kita bertambah cepat, tekanan yang ada hubungannya dengan kecepatan gerak ini dinamakan tekanan dinamis (dynamic pressure).

Pengukur kecepatan yang digunakan oleh pesawat berdasarkan pada hal tersebut di atas. Jadi pada dasarnya pengukuran kecepatan (air speed indicator) tidak lain adalah pengukur tekanan dinamis yang penunjukannya dirubah dari satuan tekanan menjadi satuan kecepatan. Biasanya dinyatakan dalam “knot atau m.p.h."

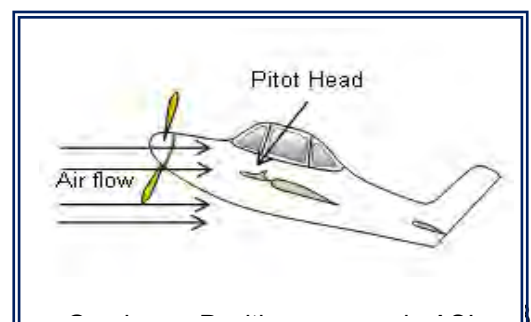
1) PRINSIP KERJA

Bagian utama dari air speed indicator adalah sebuah diafragma dari logam yang fleksibel. Diafragma ini dihubungkan dengan pitot tube; bila pesawat bergerak maju maka tekanan dinamis masuk melalui pitot tube dan menekan diafragma sehingga mengembang diafragma akan mengembang dan mengempis sesuai dengan besar kecilnya tekanan dinamis yang masuk melalui pitot tube.

Gerakan mengembang dan mengempisnya diafragma akan diteruskan melalui sebuah tuas yang akan memutarkan sebuah rocking shaft. Dengan berputarnya rocking shaft, maka tuas yang lain akan menggerakan sector yang bergigi. Sektor yang bergigi akan memutarkan hand shaft dimana terpasang pointer dari air speed indicator. Tekanan yang masuk dalam diafragma disamping dinamis juga tekanan statis, kedua tekanan ini dinamakan tekanan pitot (pitot pressure).

Tekanan statis ini tidak tergantung pada kecepatan jadi diafragma harus bebas dari pengaruh tekanan ini. Untuk menghilangkan pengaruh tekanan statis, diafragma ditempatkan dalam rumah instrument yang kedap udara dan dihubungkan dengan atmosfir melalui lubang static (static vent).

Dengan demikian static pressure yang terdapat dalam diafragma dinetralkan dengan static pressure yang berada di luar diafragma, seperti terlihat pada gambar :15-12 Jadi diafragma hanya mengembang dan mengempis karena pengaruh tekanan dinamis saja

2) Kesalahan- kesalahan pada Air Speed Indicator (ASI)

- **Instrumen Error** :
  adalah kesalahan disebabkan karena kekurang sempurnaan di dalam system tranmisinya dan lain-lain peralatan didalamnya.

- **PositionError**:
  atau installation error adalah kesalahan disebabkan karena kedudukan dari pitot tube tidak menghadap kearah air flow sehingga tekanan dinamis tidak sepenuhnya masuk ke dalam pitot tube. Keadaan ini terjadi jika pesawat

terbang naik (climb), turun (descent) dan terbang lambat, seperti terlihat pada gambar

- **Compressibility Error**:
  adalah kesalahan yang disebabkan karena pesawat bergerak dengan kecepatan tinggi, sehingga terjadi pemampatan udara (compression) di dalam rongga-rongga dari pitot tube. Pada kecepatan di bawah 250 knot maka compressibility error dapat diabaikan, tetapi pada kecepatan tinggi harus diperhitungkan.

3) Istilah-Istilah Pada ASI

- **Indicated Air Speed**
  adalah kecepatan yang ditunjukkan oleh jarum dari A.S.I

- **Calibrated Air Speed**
  adalah indicated air speed yang sudah dikoreksi terhadap kesalahan-kesalahan instrument (instrument error) dan kesalahan kedudukan (positıon error).

- **Equivalent Air Speed**
  adalah calibrated air speed yang sudah dikoreksi terhadap compressibility error.

- **True Air Speed**
  adalah equivalent air speed yang sudah dikoreksi terhadap kepadatan udara (density) dan suhu (temperature)

.

MACHMETER

Machmeter adalah instrument pengukur kecepatan yang terus menerus menunjukkan perbandingan dari true airspeed dengan kecepatan suara.Angka mach tidak tergantung dari temperature udara, hanya bergantung dari tekanan pitot dan tekanan static saja.

Prinsip Kerja

Mekanisme instrument ini terdiri dari dua diafragma, yang satu mengukur perbedaan tekanan dinamis (pitot) dan tekanan static disebut airspeed capsule. Sedang yang lain mengukur perbedaan tekanan static dengan vakum disebut altitude capsule.

Angka mach tidak tergantung dari temperature udara hanya tergantung dari tekanan pitot dan tekanan static saja, angka mach dapat dirumuskan

c. Rangkuman

- **Vertical Speed Indicator**
  Instrumen ini dipakai untuk mengetahui kecepatan naik/turun dan kecepatan vertical dari pesawat, diukur dalam satuan feet per menit

- **Vertical Speed Indicator**
  Instrumen ini mengukur secara sensitif perbedaan tekanan atmosfir yang disebabkan karena kecepatan perubahan tinggi. Apabila tinggi pesawat berubah maka tekanan statiknya akan berubah juga; tekanan di dalam diafragma akan berubah lebih cepat dari pada tekanan dalam rumah instrument sehingga diafragma akan bergerak

- **Air Speed Indicator**
  Instrumen ini tidak lain adalah pengukur tekanan dinamis yang penunjukannya dirubah dari satuan tekanan menjadi satuan kecepatan. Biasanya dinyatakan dalam “knot atau m.p.h."

- **Air Speed Indicator**
  Bagian utama dari air speed indicator adalah sebuah diafragma dari logam yang fleksibel. Diafragma ini dihubungkan dengan pitot tube; bila pesawat bergerak maju maka tekanan dinamis masuk melalui pitot tube dan menekan diafragma sehingga mengembang diafragma akan mengembang dan mengempis sesuai dengan besar kecilnya tekanan dinamis yang masuk melalui pitot tube

- **PositionError**:
  atau installation error adalah kesalahan disebabkan karena kedudukan dari pitot tube tidak menghadap kearah air flow sehingga tekanan dinamis tidak sepenuhnya masuk ke dalam pitot tube

- **Compressibility Error**:
  adalah kesalahan yang disebabkan karena pesawat bergerak dengan kecepatan tinggi, sehingga terjadi pemampatan udara (compression) di dalam rongga-rongga dari pitot tube

- **True Air Speed** *:*
  adalah equivalent air speed yang sudah dikoreksi terhadap kepadatan udara (density) dan suhu (temperature)

- **Machmeter**
  Machmeter adalah instrument pengukur kecepatan yang terus menerus menunjukkan perbandingan dari true airspeed dengan kecepatan suara

d. Tugas

1) Apa fungsi vertical speed indicator
2) Apa fungsi air speed indicator
3) Apa fungsi machmeter

e. Tes formatif

1) Lebih besar mana tekanan didalam kapsul dan diluar kapsul bila pesawat udara sedang naik/ menanjak

2) Jelaskan tentang position error dan compressibility error

3) Apa yang dimaksud dengan

   - Calibrated Air Speed
   - True Air Speed

4) Apa yang dimaksud dengan angka mach pada machmeter

f. Kunci jawaban tes formatif

1) Bila pesawat udara sedang naik/ menanjak Tekanan didalam kapsul lebih kecil dari pada tekanan diluar kapsul

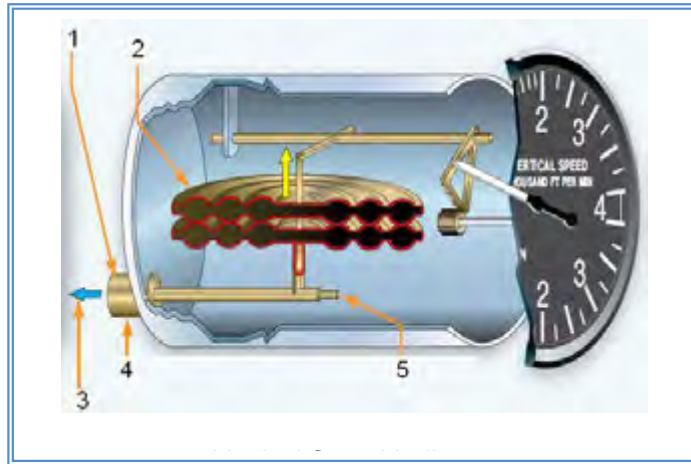
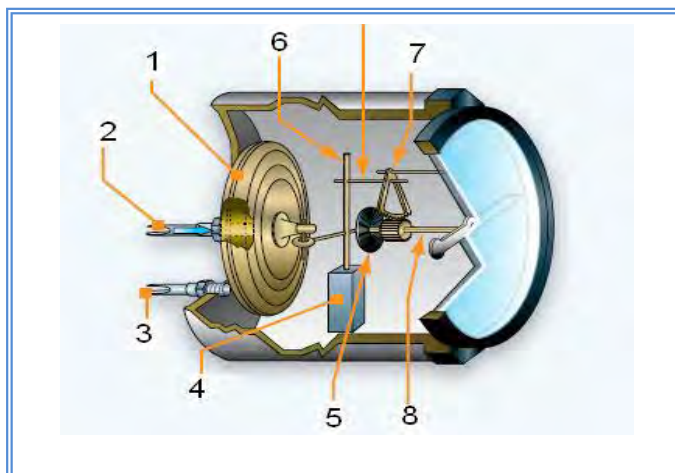
2) **PositionError**:
   atau installation error adalah kesalahan disebabkan karena kedudukan dari pitot tube tidak menghadap kearah air flow sehingga tekanan dinamis tidak sepenuhnya masuk ke dalam pitot tube

   Compressibility Error:
   adalah kesalahan yang disebabkan karena pesawat bergerak dengan kecepatan tinggi, sehingga terjadi pemampatan udara (compression) di dalam rongga-rongga dari pitot tube

3) **Calibrated Air Speed:**
   adalah indicated air speed yang sudah dikoreksi terhadap kesalahan-kesalahan instrument (instrument error) dan kesalahan kedudukan (position error).

   True Air Speed *:*
   adalah equivalent air speed yang sudah dikoreksi terhadap kepadatan udara (density) dan suhu (temperature)

4) Angka mach adalah perbandingan antara true air speed dengan kecepatan suara, misal angka mach = **1** , artinya kecepatan **udara sama dengan kecepatan suara.**

g. Lembarkerja siswa:

No	Nama komponen	fungsi
1		
2		
3		
4		
5		

No	Nama komponen	fungsi
1		
2		

3		
4		
5		
6		
7		
8		

6. Pembelajaran keenam

g. Tujuan Pembelajaran

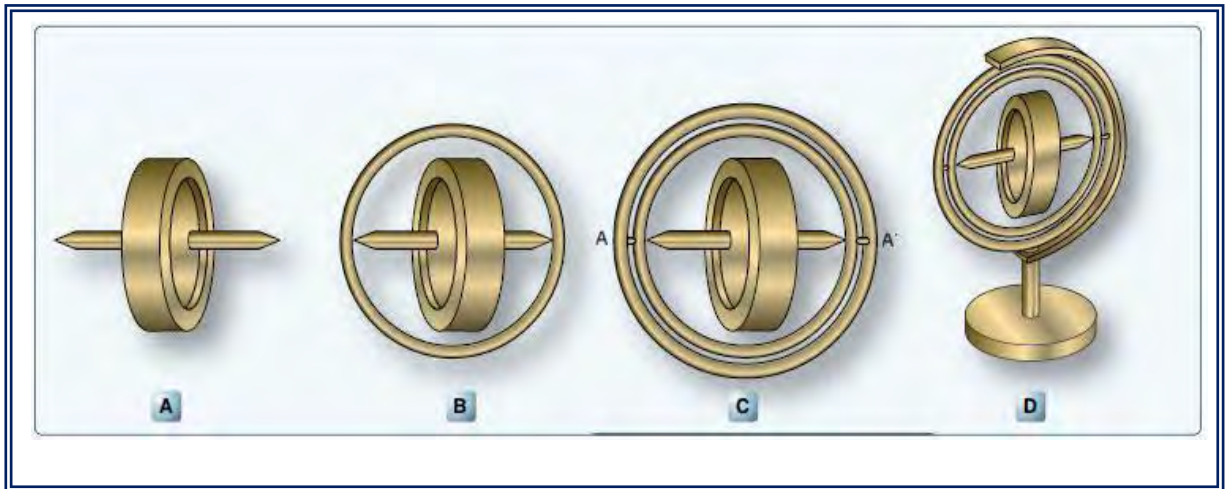
Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

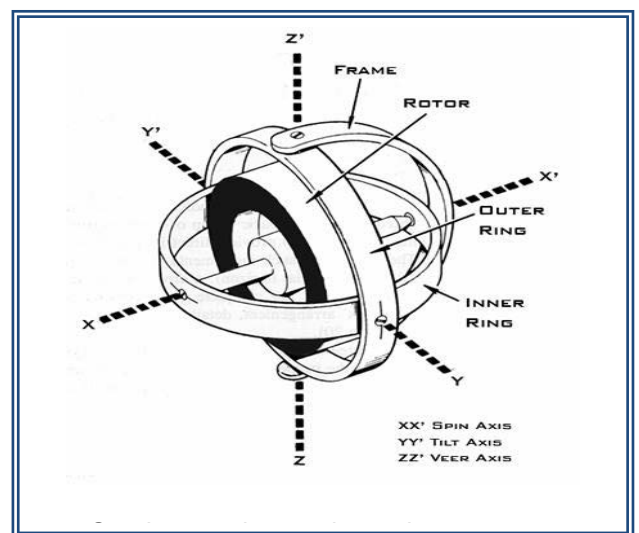
- Meenjelaskan pengertian gyroscope
- Menjelaskan sifaty-sifat gyroscope
- Menjelaskan cara memutar gyroscope
- Menyebutkan instrument-instrument yang bekerja atas dasar gyroscope

h. Uraian materi

GYROSCOPE

1) Pengertian Gyroscope.

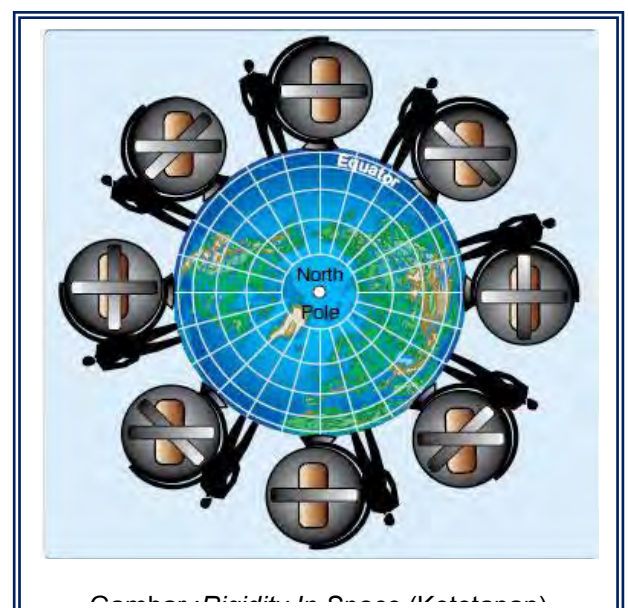
Gyroscope ialah sesuatu yang berputar atau suatu roda/ benda yang berbentuk roda yang bisa berputar pada porosnya

Pada pelajaran instrumen pesawat terbang yang dimaksud dengan gyroscope adalah gyro yang terdiri dari massa dari metal yang berat yang dipasang pada suatu rangka khusus yang disebut Gimbal. Ada dua gimbal, yaitu : inner gimbal (gimbal-bagian dalam) dan outer gimbal (gimbal bagian luar).

Gyroscope tersebut mempunyai bidang kebebasan satu atau lebih yang tegak lurus pada bidang putar gyro, atau gyro tersebut dapat bebas berputar pada ketiga sumbunya, yaitu spinning freedom pada sumbu longitudinal ($x.x^l$), ulting freedom pada sumbu lateral (y. y^l), dan veering freedom pada sumbu vertical (z.z^l). Apabila gyro berputar dengan kecepatan putar yang cukup besar maka gyro ini akan mengambil suatu kedudukan dan akan tetap pada kedudukan itu selama tidak ada gaya dari luar yang mempengaruhi.

Keterangan tersebut di atas akan lebih jelas jika kita pelajari gambar-gambar

2) Sifat-Sifat Gyroscope

Gyroscope mempunyai 2 (dua) sifat atau karakteristik yang penting

(1) *Rigidity in space* (ketetapan)

ialah sifat dari pada gyro untuk mempertahankan poros putarnya sehingga akan selalu menunjuk arah yang sama atau rotor gyro akan tetap pada bidang putarnya.

Gambar : Rigidity In Space (Ketetapan)

Contoh : Sepeda apabila berjalan (rodanya berputar) sepeda ini mempunyai kestabilan jadi tidak jatuh, makin cepat sepeda tersebut berjalan ia akan makin stabil. Demikian juga dengan rotor gyro, makin cepat putaran rotornya akan makin stabil. (rigid).

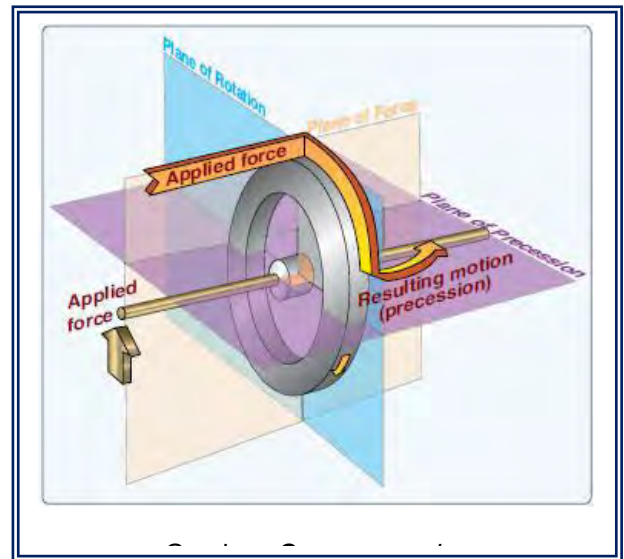
Rigidity ini besarnya tergantung pada kecepatan sudut dari gyro, berat dari massa gyro tersebut, dan panjang jari-jari poros gyro.

(2) ***Gyro* precession.**

ialah sifat kedua dari gyro yaitu, perubahan sudut arah dari bidang putar gyro. Arah dari precession tergantung dari gaya yang mengganggu dan arah dari putaran gyro rotor.

Apabila pada suatu gyro yang sedang berputar diberikan gaya ganggu ini akan dipindahkan 90 derajat searah dengan putaran gyro.

Gyro precession akan terus ada selama gaya ganggu masih diberikan sampai bidang putar dari gyro segaris dengan bidang gaya ganggu.

Makin besar gaya ganggu (external force), makin besar precessinya. Makin besar jari jari makin cepat perputaran gyro, makin kecil precessinya. Untuk jelasnya perhatikan gambar

3) Sumber Penggerak Gyroscope

- Menggunakan vacuum/suction system. (sistem tekanan kerendahan)
- Menggunakan tenaga listrik. (D.C. atau A.C.).

(3) Vacuum/suction system

Untuk memutar gyro rotor dengan menggunakan sistem tekanan kerendahan dapat memakai dua cara yaitu dengan "Pompa vakum" (vacuum pump) dan dengan "Tabung venturi "(ventury tube).

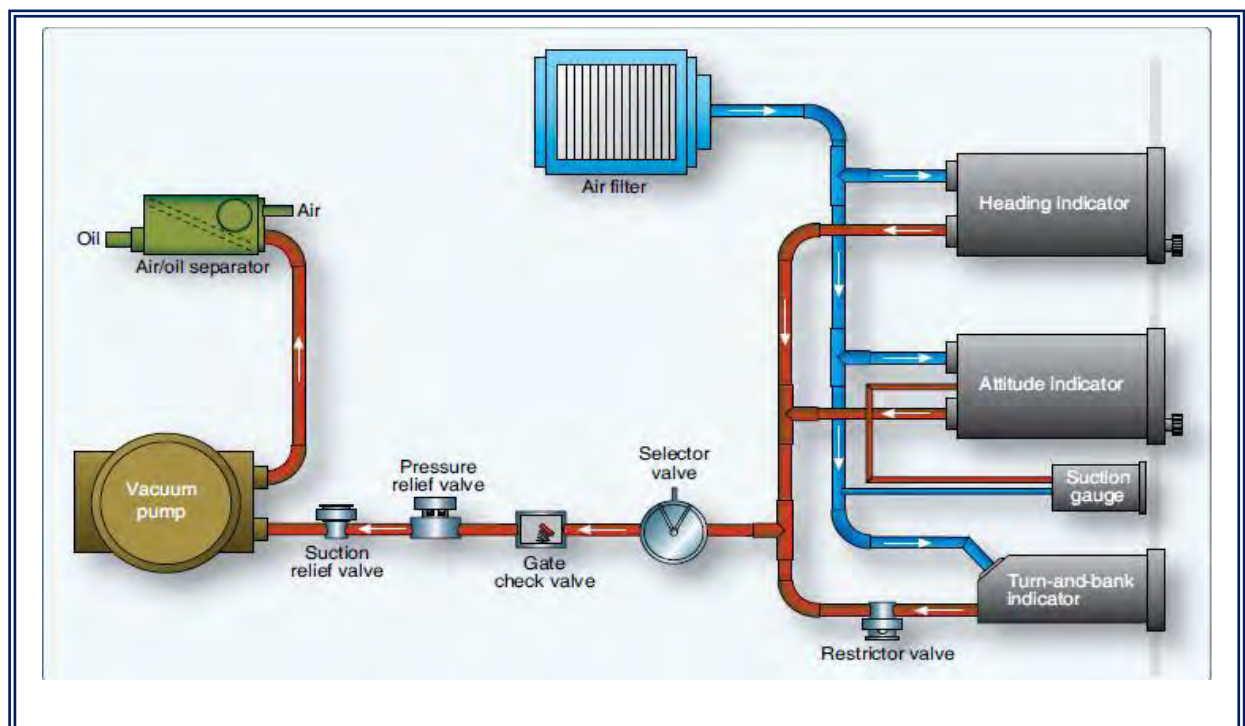
Yang memakai pompa vakum, apabila mesin pesawat bekerjaakan memutar pompa vakum, sehingga pompa vakum mempunyai daya hisap sebesar 10 inch Hg. Pompa vakum dihubungkan dengan rumah-rumah instrumen gyro melalui pipa-pipa penghubung. Pompa vacum akan menghisap udara dalam rumah/kotak-kotak instrumen.

Karena udara dalam rumah instrumen dihisap, tekanannya menjadi berkurang.Berkurangnya tekanan ini menyebabkan ada semprotan udara luar yang masuk ke dalam rumah instrumen.

Semprotan udara (air jet) ini digunakan untuk memutar roda-roda gyro (gyro rotor).

Tekanan 10 inch Hg lebih dari cukup untuk memutar gyro instrumen, dimana tekanan yang dibutuhkan hanya kurang lebih 4 inch Hg, sehingga sebuah relief valve digunakan untuk menurunkan tekanan menjadi 4 inch Hg.

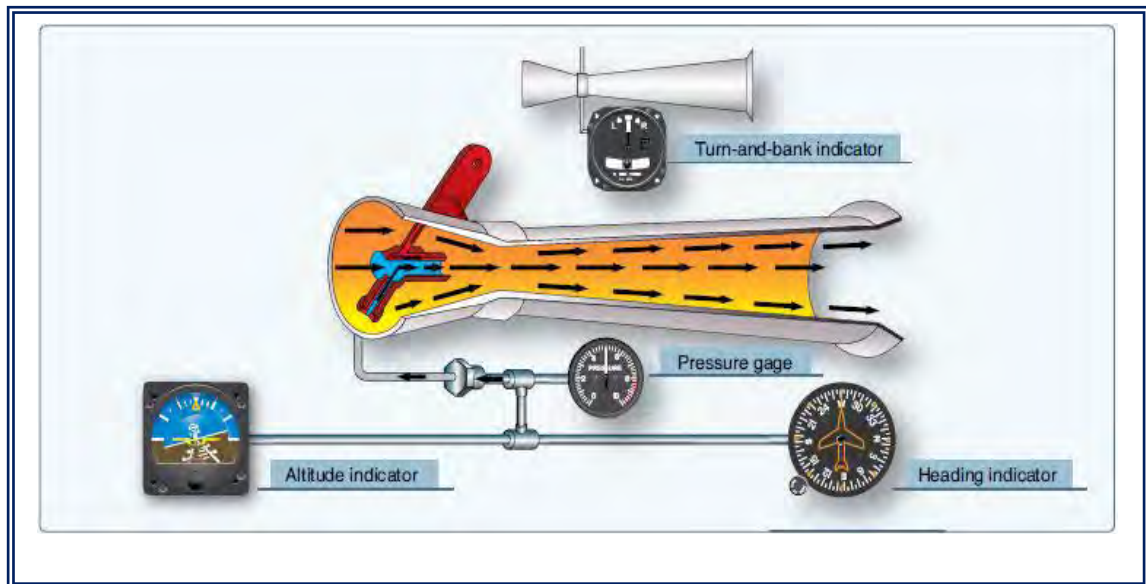
Pada sistem ini juga dilengkapi dengan saringan udara (air filter), gunanya untuk mencegah kotoran-kotoran udara luar yang ikut masuk ke dalam lubang poros putar gyro.

Gambar menunjukan sumber penggerak sistem gyro jenis pompa vakum.

Jika menggunakan tabung venturi sebagai pompa penghisap, pada tempat/daerah yang sempit tekanannya rendah.

Tabung venturi yang bertekanan lebih rendah dari udara sekelilingnya dihubungkan dengan pipa ke dalam kotak-kotak gyro instrumen.

Udara dalam kotak instrumen berhembus ke luar menuju tabung venturi yang mempunyai tekanan yang lebih rendah, atau terhisap oleh tabung venturi.Sehingga di dalam kotak instrumen terjadi pengurangan tekanan udara, sehingga melalui pipa yang berhubungan dengan udara luar

terjadilah semprotan udara luar ke dalam kotak instrumen.Semprotan udara luar inilah yang digunakan untuk memutar rotor instrumen gyro.

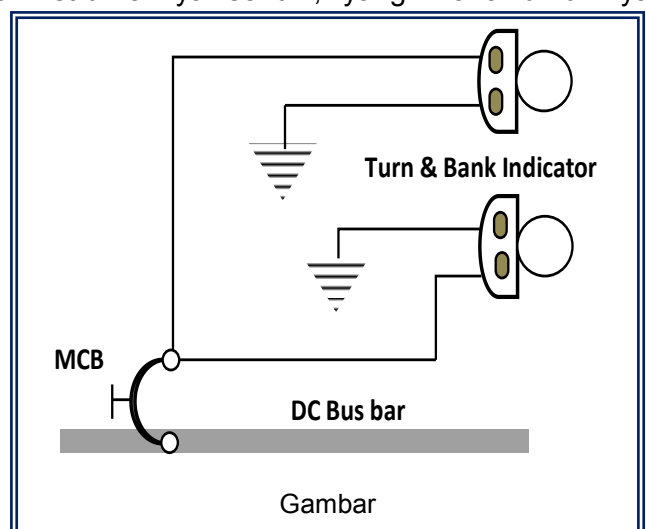
Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar berikut ini.

Gambar menunjukkan bahwa aliran udara masuk (air inlet) melalui saringan udara (air filter), masuk ke dalam rumah instrumen (instrumen case). Udara masuk ke dalam instrument case, yang melalui jet pressure menendang sudu-sudu rotor, sehingga rotor berputar. Makin besar tekanan vakum, makin cepat pula perputaran rotor.

Sistim ini mempunyai kerugian-kerugian dibandingkan dengan sumber penggerak listrik, terutama pesawat terbang besar yang mempunyai kemampuan terbang tinggi (hight altitude aircraft); makin tinggi pesawat itu terbang, makin rendah tekanan udara yang menyebabkan akanterjadi penyusutan tekanan. Demikian juga terhadap instrumennya sendiri, yang mana umumnya instrumen giro sistem vakum, banyak menggunakan lager-lager (bearings) pada waktu tertentu akan lebih mudah mengalami kerusakan, terutama terhadap udara yang lembab.

Gambar

b.Electrical (Listrik).

Sumber penggerak rotor giro dari gyroscopic instruments dengan menggunakan listrik dapat dibedakan dar sumber arus yang dipakai, yaitu

- Arus searah atau direct-current (DC).
- Arus bolak-balik atau alternating current (AC).

Sumber penggerak rotor giro yang menggunakan listrik arus searah (DC), apakah itu arus searah dengan sistem 14 volt DC maupun dengan 28 volt DC, prinsipnya adalah berdasarkan akan prinsip dari motor jenis convensional permanent magnet. Instrumen giro yang menggunakan prinsip ini, adalah Turn & Bank indicator atau Turn & Slip indicator.

Sumber penggerak rotor giro yang menggunakan sumber arus listrik bolak-balik (AC), umumnya menggunakan tegangan 115 volt, 400 Hz, 3 fase. Arus ini diperoleh dari suatu inverter atau alternator .

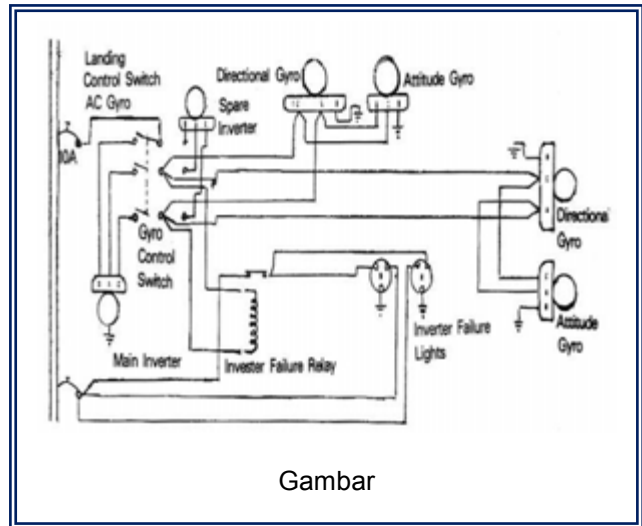
Gambar

Penggunaan giro dengan sumber arus bolak-balik (AC) berdasarkan prinsip dari motor squirrel cage induction; karena motor ini berfrekuensi tinggi, maka pemutaran motor mungkin lebih cepat dan menjadi seimbang.

Dalam rangkaian listriknya selalu dilengkapi dengan MCB yang berfungsi untuk pengaman bila terjadi masalah dalam rangkaian, yaitu beban lebih atau hubung pendek.

Instrumen yang menggunakan penggerak giro dengan arus listrik bolak - balik, ialah directional gyro indicator, artificial horizon.

Instrumen terbang (flight instrument), yang menggunakan prinsip giro, adalah:

- Artificial horizon
- Directional gyro
- Turn & Bank atau Turn & Slip indicator.

i. Rangkuman

- **Gyroscope** ialah sesuatu yang berputar atau suatu roda/ benda yang berbentuk roda yang bisa berputar pada porosnya

- **Rididity in space (ketetapan)**
  ialah sifat dari pada gyro untuk mempertahankan poros putarnya sehingga akan selalu menunjuk arah yang sama atau rotor gyro akan tetap pada bidang putarnya

- **Gyro Precession**
  ialah sifat kedua dari gyro yaitu, perubahan sudut arah dari bidang putar gyro. Arah dari precession tergantung dari gaya yang mengganggu dan arah dari putaran gyro rotor. Apabila pada suatu gyro yang sedang berputar diberikan gaya ganggu ini akan dipindahkan 90 derajat searah dengan putaran gyro

- **Sumber penggerak gyroscope**

  - **Vacum pump**
    Untuk memutar rotor gyro dapat menggunakan pompa hisap/ pompa vacum , pompa vakum mempunyai daya hisap sebesar 10 inch Hg. Pompa vakum dihubungkan dengan rumah-rumah instrumen gyro melalui pipa-pipa penghubung. Pompa vacuun akan menghisap udara dalam rumah/kotak-kotak instrumen.

  - **Tabungventuri** yang bertekanan lebih rendah dari udara sekelilingnya dihubungkan dengan pipa ke dalam kotak-kotak gyro instrumen. Udara dalam kotak instrumen berhembus ke luar menuju tabung venturi yang mempunyai tekanan yang lebih rendah, Sehingga di dalam kotak instrumen terjadi pengurangan tekanan udara, sehingga melalui pipa yang berhubungan dengan udara luar terjadilah semprotan udara luar ke dalam kotak instrumen. Semprotan udara luar inilah yang digunakan untuk memutar rotor instrumen gyro.

  - **Penggerak listrik DC**
    menggunakan listrik arus searah (DC), apakah itu arus searah dengan sistem 14 volt DC maupun dengan 28 volt DC

  - **Penggerak listrik AC**
    menggunakan sumber arus listrik bolak-balik (AC), umumnya menggunakan tegangan 115 volt, 400 Hz, 3 fase.

j. Tugas

1) Apa yang dimaksud dengan gyroscope ?
2) Jelaskan sifat gyroscope "*Rigidity In Space" !*
3) Jelaskan sifat gyroscope "*Prcession"* !

k. Tes formatif

1) Jelaskan cara memutar gyro menggunakan vacum pump !
2) Jelaskan cara memutar gyro menggunakan Tabung venturi !
3) Apa fungsi MCB pada rangkaian listrik untuk memutar gyro !

l. Kunci jawaban tes formatif

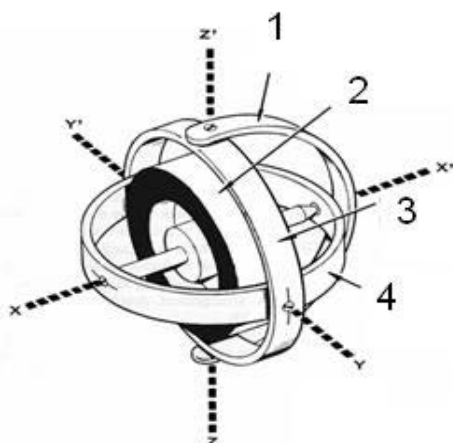
1) Memutar gyro menggunakan vacum pump

mesin pesawat memutar pompa vakum, sehingga pompa vakum mempunyai daya hisap sebesar 10 inch Hg. Pompa vakum dihubungkan dengan rumah-rumah instrumen gyro melalui pipa-pipa penghubung. Pompa vacum akan menghisap udara dalam rumah/kotak-kotak instrumen, Karena udara dalam rumah instrumen dihisap, tekanannya menjadi berkurang. Berkurangnya tekanan ini menyebabkan ada semprotan udara luar yang masuk ke dalam rumah instrumen.Semprotan udara (air jet) ini digunakan untuk memutar roda-roda gyro (gyro rotor).

2) Memutar gyro menggunakan Tabung venturi

Tabung venturi yang bertekanan lebih rendah dari udara sekelilingnya dihubungkan dengan pipa ke dalam kotak-kotak gyro instrumen.Udara dalam kotak instrumen berhembus ke luar menuju tabung venturi yang mempunyai tekanan yang lebih rendah, Sehingga di dalam kotak instrumen terjadi pengurangan tekanan udara, sehingga melalui pipa yang berhubungan dengan udara luar terjadilah semprotan udara luar ke dalam kotak instrumen.Semprotan udara luar inilah yang digunakan untuk memutar rotor instrumen gyro.

3) MCB berfungsi untuk pengaman bila terjadi masalah dalam rangkaian, yaitu beban lebih atau hubung pendek.

a. Lembar kerja siswa

No	Nama komponen
1	
2	
3	

Sebutkan nama bagian-bagian dari gyroscope	4	

7. Pembelajaran ketujuh

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Meenjelaskan pengertian Artificial horizon
- Menjelaskan prinsip kerja Artificial horizon
- Menjelaskan sumbu-sumbu yang ada pada pesawat udara
- Meenjelaskan sistem ereksi pada Artificial horizon

b. Uraian materi

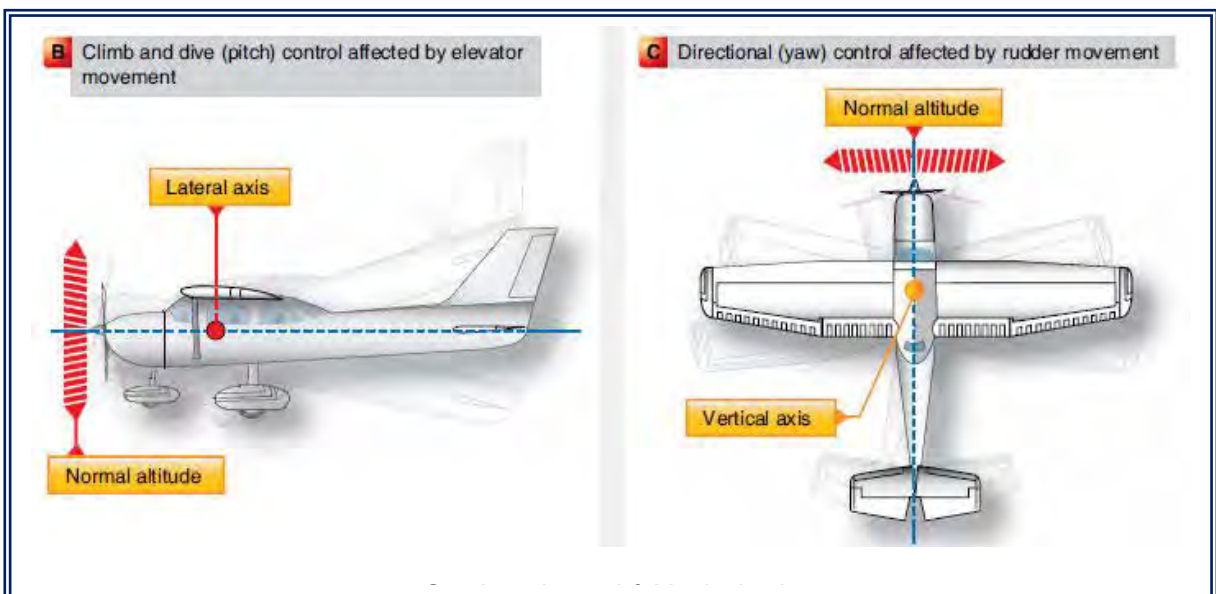
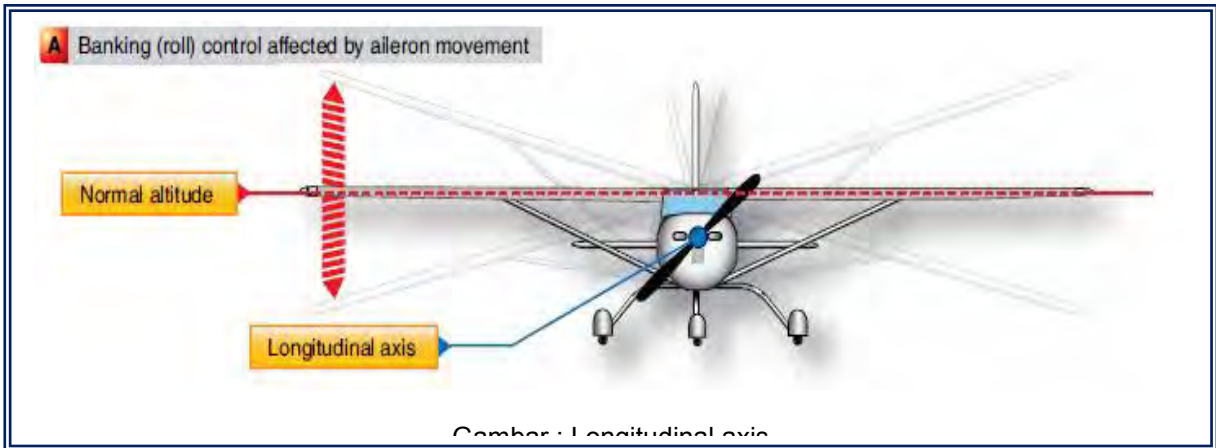
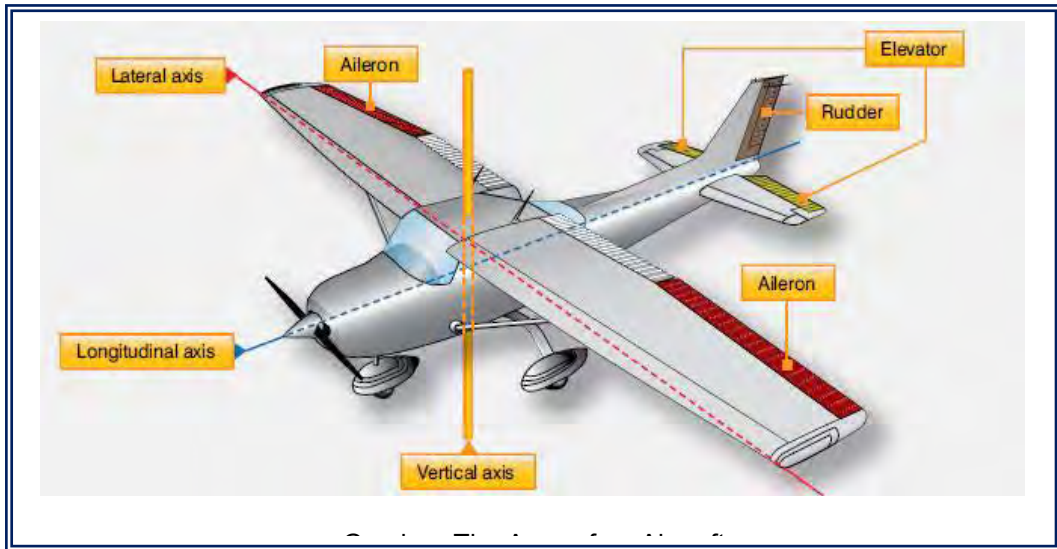
ARTIFICIAL HORIZONTAL

Artificial horizon atau gyro horizon kadang-kadang disebut juga attitude indicator (penunjukkan sikap dari pada pesawat terbang). Intrumen ini menggunakan space gyro, dimana gyro mempunyai tiga sikap gerak yang bebas, yaitu pitching, rolling dan yawing, seperti terlihat dalam gambar

- Sikap pitching, ialah sikap dimana pesawat berputar (bergerak) melalui sumbu lateral.
- Sikap rolling, ialah sikap dimana pesawat berputar melalui longitudinal
- Sikap yawing, ialah sikap dimana pesawat berputar melalui sumbu tegak (vertical axis).

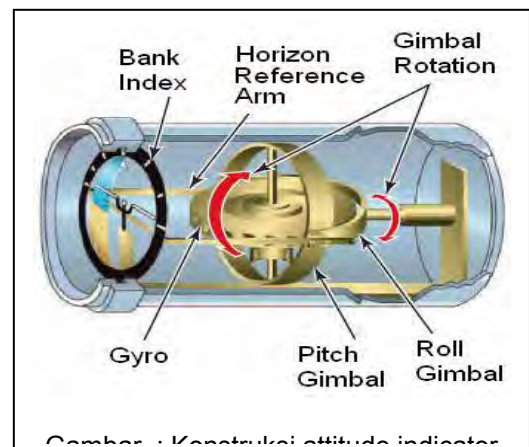
Karena sikap penunjukan giro horizon itu, maka instrumen ini dapat mengadakan gerakan miring ke kanan ataupun ke kiri, yang dapat dilihat antara miniatur sebagai penunjuk pesawatnya dan horizon bar (kaki langit buatan) sebagai patokan yang dimantapkan giro dalam keseimbangan skala sudut miring yang tetap (rigid). Penunjukan ,angguk (pitching), pesawat dalam keadaan naik (climb) ataupun turun (descent), dimana penunjukan miniatur sebagai pesawatnya dan kaki langit buatan (bar) sebagai langkah yang ditempuh pesawal terbangnya Demikian juga karena dari sikapnya pesawat terbang itu harus dapat di gunakan miring dan naik ataupun turun maka penunjuknyapun dapat melalui ketiga sumbu itu, seperti dalam gambar.

Gambar : Longitudinal axis

Climbing left bank
Straight climb
Climbing right bank
Pointer
Bank scale
10°
20°
30°
45°
60°
90°
Level left bank
Level right bank
Artificial horizon
Adjustment knob
Descending left bank
Straight descent
Descending right bank

Gambar : Beberapa tampilan/ penunjukan dari attitude indicator

Sumber penggerak instrumen giro horizon, mempunyai cara yang digunakan untuk menggerakkan rotor giro (roda giro), yaitu

- Dengan hampa udara (vacuum driven)
- Dengan listrik

1) Penggerak roda kecil (rotor) giro horizon dengan tenaga udara hampa (vacuum driven gyro horizon).

Gambar : Konstruksi attitude indicator

Sumber penggerak ini didapatkan dari tabung venturi (venturi tube)

yang dipasang sejajar dengan badan pesawat, untuk mendapatkan aliran udara lurus (air stream) atau dari pompa hampa udara (vacuum pump) yang dihubungkan dengan reduction gear (gear pengubah) dengan poros engkol (crank shaft) dari pada mesin.

Cara kerja dari pada aliran udara hampa ini dapat dilihat pada gambar

Udara hampa yang.dihasilkan oleh tabung ventury atau pompa udara hampa (vacuum pomp) (4), melalui katup pengubah (regulator) (3) yang dipakai sebagai pengubah tekanan hampa udara, besarnya tekanan hampa udara yang dibutuhkan, sesuai dengan tipe instrumen yang digunakan.Udara yang diisap oleh tabung venturi atau pompa hampa udara, berjalan melalui saringan pusat (central filter) ke giro horizon, yang menyebabkan roda kecil (rotor) berputar.Perputaran roda kecil (rotor) dari pada instrumen tersebut tergantung pula besar dan kecilnya tekanan hampa udara dari pompa hampa udara yang dirubah oleh pengubah tekanan hampa udara (vacuum regulator).

2) Giro horizon yang digerakkan dengan listrik (electrical gyro horizon).

Pada gyro horizon, yang digerakkan oleh listrik seperti yang terlihat dalam gambar 84 dasar elemennya sama dengan pada gyro horizon yang digerakkan oleh tenaga hampa udara; perbedaan pokok hanya pada pemakaian giroscop tegak (vertical gyroscope), dimana ia menggunakan motor 3 phase jenis squirrel cage induction, yaitu yang terdiri dari sebuah roda kecil (rotor) yang digerakkan oleh starter (penggerak mula) sebagai penggeraknya. Sumber penggerak listrik dalam sistem ini menggunakan tegangan 115 V. AC, 400 Cps, 3 phase, yang dihasilkan dari inverter.

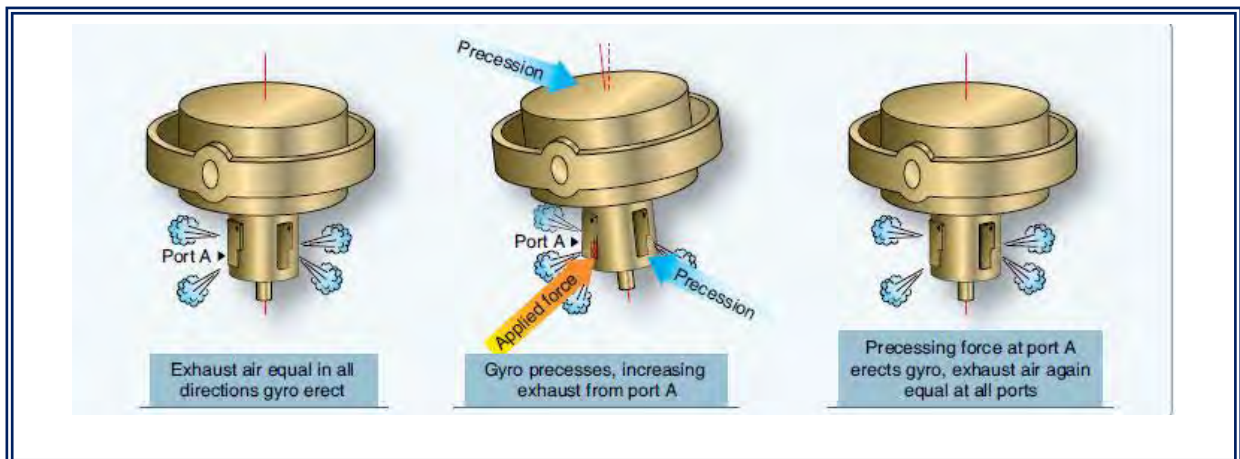
Persediaan tenaga (energy) 115 Volt AC, 400 Cps, 3 phase diberikan (dihubungkan) ke stator giro melalui slip ring (gelang-gelang penekuk), brushes

Sistem Ereksi (Erection System).

Pada instrumen gyro horison, penyimpangan dapat terjadi karena adanya gesekan dari lager (bearing), perputaran bumi atau pergerakan dari pada pesawat itu sendiri. Maka dari itu gyro horison dilengkapi dengan sebuah alat pengatur yang dinamakan pengatur sistem ereksi.Gunanya pengatur ini ialah untuk menegakkan kembali dan menjagai poros rotor giro pada posisi tegak. Ada beberapa sistem ereksi dalam pemakaian gyro horizon (airtifical horizon),

Yaitu :

- Sistem mekanik (Mechanical system)
  - Sistem sirip tegak (Pendulous vane unit),
  - Sistem tipe bola (Ball-Type erection unit).
- Sistem Torque Motor dan Tombol Datar (Torque Motor and Levelling Switch System).

Ereksi Sistem Mekanik, yang memakai sirip tegak.

Di dalam sistem ini, cara kerjanya didasarkan atas udara yang keluar dari dalam rumah rotor, seperti terlihat dalam gambar .Unit dari sistem ini dipasang di bagian bawah rumah giro rotor dan terdiri dari empat buah pisau (jendela) secara berpasangan pada dua buah poros yang saling bersilangan. Udara dari rumah rotor, setelah rotor berputar dibuang melalui lubang jendela dan keluar menjadi 4 aliran udara, yaitu ke depan, kebelakang ke samping kanan dan kiri.

Reaksi udara yang keluar dari lubang jendela, akan menimbulkan gaya pada rumahnya. Karena pengaruh dari pada beratnya, maka udara yang keluar dari lubang jendela, berfungsi sebagai gaya kontrol terhadap giro, dari reaksi udara. Bilamana giro sudah berdiri tegak lagi, maka aliran udara yang keluar dari 4 lubang jendela terbagi sama, sehingga reaksi tekanan udarapun sama, dan gaya resultante setiap sumbu berada dalam keadaan seimbang.

Ereksi Sistem Tipe Bola.

Unit ini mempergunakan gaya presesi yang diakibatkan adanya berat dari pada bola-bola yang diletakkan pada piringan putar yang diletakkan pada rumah giro.

Jumlah bola-bola tersebut tergantung daripada tipe instrumennya dan diletakkan di sekeliling sekitar tingginya; bola-bola dapat bergerak bebas dan digunakan untuk memberikan reaksi, bila terjadi presesi yang ditimbulkan oleh pengaruh putaran bumi, gesekan bola maupun ketidak seimbangan dari pada operasinya giro itu sendiri.

Ruangan bola dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mengatur gerak bola tersebut, bila giroskop miring, sehingga massa bola dikembalikan sesuai dengan kedudukan pada piring ereksinya, untuk mendapatkan gaya yang diperlukan.

Batasan holder (pegangan) terjadi melalui reduction gear (roda perubah) yang berasal dari rotor gyro shaft (sumbu giro rotor), putaran holder (pegangan) dengan kecepatan 25 rpm. (putaran per menit).

Bola-bola akan berubah posisi, sewaktu holder berputar, tetapi massa tetap di pusat piringan ereksi. Dengan keadaan demikian titik berat berada pada pusat massa. Oleh karena itu gaya disekitar sumbu berada dalam keadaan seimbang.

Pada sumbu tegak, terlihat pitch yy1 yang ada di depan bola erektor. Ini menyebabkan bola terguling ke arah hook, sehingga bola akan berada pada sisi terrendah; oleh karena itu gaya yang disebabkan adanya gravitasi tadi akan tergeser. Dengan adanya putaran piring ereksi, bola-bola di tempat di mana gaya itu bekerja terbawa ke samping.. Pada posisi ini, bola berada tetap pada hook dengan konsentrasi massa, sehingga timbul gaya putar (torque) pada sisi holder daripada bola. Torque ini dapat dianggap sebagai gerak langsung; untuk mengatasi perubahan tersebut, rumah giro akan mengalami presesi pada sumbu yy_1 . Karena putaran daripada erektor dan mekanisnya yang terus menerus, maka torque dan presesi dapat dipertahankan dengan terus menerusnya putaran ini, lama-lama bola akan berkurang, sampai giroskop berposisi tegak dengan operasi gang normal, di mana bola akan terlihat pada pusat piringan (disc).

Torque motor and Levelling switch system (sistim torque motor dan tombol datar).

Sistem ini digunakan pada gyro horizon yang operasinya (sumber tenaga) digerakkan dengan listrik. Sistem ini terdiri dari dua buah torque motor tersendiri yang dioperasikan oleh mercury levelling switch (tombol datar dengan air raksa), yang dipasang, tombol satu sejajar dengan sumbu melintang dan satu lagi sejajar dengan sumbu depan dan belakang.

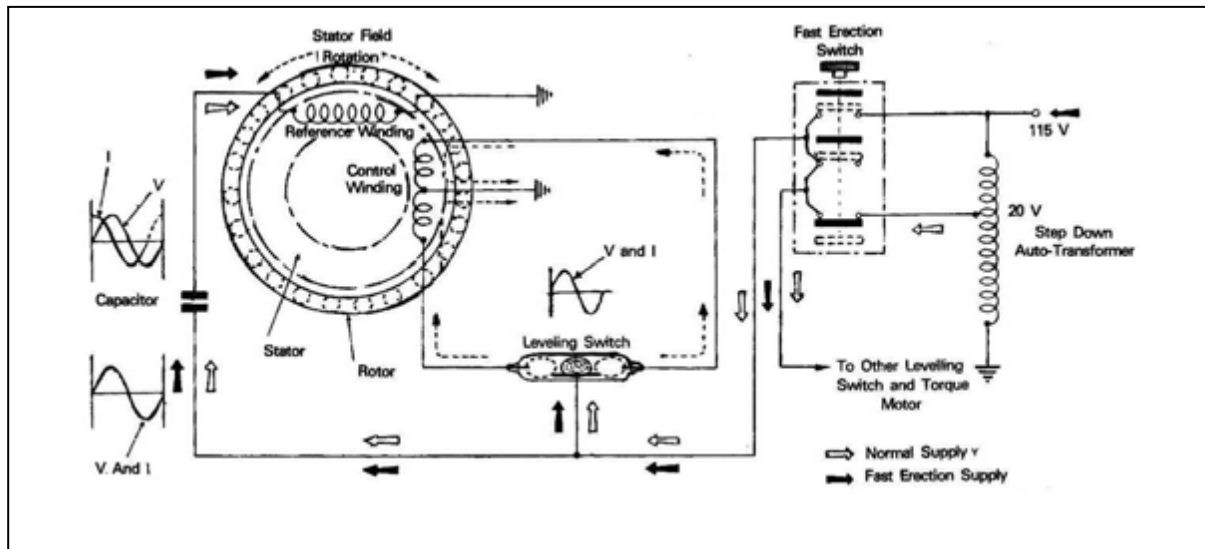
Switch (tombol) yang dipasang melintang digunakan untuk mendeteksi perubahan roll (gaya guling) pada giroskop, dan dihubungkan dengan torque motor, di mana torque yang tepat terjadi pada sumbu pitch (pitch axis). Switch (tombol) yang dipasang pada sumbu depan dan belakang giro, digunakan untuk mendeteksi perubahan pitch, di mana torque yang tepat terjadi pada sumbu guling (roll axis).

Bentuk levelling switch (tombol datar), ayunan (cardles) tempat dimana switch dapat distel, dibuat berbentuk tabung kaca yang tertutup yang berisi tiga elektrode dan air raksa (mercury). Switch (tombol) tersebut dipasang pada ayunan (cradles) yang dapat distel secara tegak lurus antara satu dan lainnya pada block switch (tombol balok) di bawah rumah giro. Tabung kaca (tube) diisi dengan gas tenaga (enertia gas), yang digunakan untuk mencegah loncatan bunga api pada ujung elektrode, ketika air raksa berhubungan

(menyambung) dan untuk menambah kecepatan kerapiliasi (rup turing capacity). Susunan torque ke motor (motor torque) dan levelling switch (tombol datar) pada erection system (sistem ereksi).

- Pitch torque motor (motor torque untuk pitch):
    - Motor terpasang di belakang coil,
    - - Stator pada ring bagian luar.
- Roll torque motor (motor torque untuk roll):
    - - Roll terpasang pada ring bagian luar.
    - - Stator terpasang pada rumah giro.

Torque motor terdiri dari squirrel cage-type liminated-iron rotor (tipe sangkar tupai dengan bentuk rotor besi), yang ditempatkan tertuju (concentrically) pada stator, yang mana iron corenya (gulungan besinya) mempunyai dua lilitan, satu untuk medan yang tetap yang disebut reference

winding (lilitan referensi), dan satu lagi disebut control winding (lilitan pengontrol).Untuk memberikan sumber tenaga terhadap kedua lilitan tersebut dalam giro horizon digunakan step down auto transformer untuk 115 volt. Auto transformer ini dipergunakan untuk menurunkan voltase sampai harga tertentu (biasanya 20 volt.) yang kemudian diberikan kepada pusat elektrode daripada tombol (switch dan pada reference windings torque motor (referensi lilitan motor torque). Pada giroskop dengan posisi yang normal, arus hanya mengalir melalui referensi lilitan. Perhatikan gambar .

Bila giroskop dipindahkan pada satu sumber supply pitch yy_1 pitch travelling switch juga akan pindah juga dan air raksa (mercury) akan bergerak ke ujung tabung dari (depan), sehingga berhuhungan dengan electrode . Stator coil torque motor (torque motor guling permulaan) juga akan berpindah dan pada lilitan control tidak menerima arus lagi, karena roll

levelling switch tidak dipengaruhi oleh perubahan sumbu pitch. Pada sistim simbol, torque yang baik harus dikenakan pada pitch torque motor, agar medan magnet statornya dapat berputar.

Tegangan (voltase) yang ke reference winding melalui kapasitor dengan arus bolak-balik (ACS yang mengandung kapasitansi), untuk mendapatkan (menimbulkan) tegangan yang diinginkan, fase dari arus itu harus digeser 90^0. Jadi arus/ flux dapat mengalir melalui control winding (lilitan control) yang diakibatkan karena adanya perubahan giro; resultan medan magnet yang dihasilkan oleh putaran dalam stator itu arahnya berlawanan. Pada waktu berputar, medan magnet terputus hubungan listriknya, yang menyebabkan arus listrik terindas pada bar.

Dengan tertindasnya bar, maka akan menghasilkan medan magnet di sekeliling bar, dimana medan magnet tersebut mempengaruhi putaran daripada medan magnet dalam stator, dan menimbulkan rotor cenderung mengikuti medan stator. Dalam kecenderungan rotor mengikuti medan stator, akan ditolak oleh rotor itu sendiri dari kedudukannya pada rumah instrumen (instrument coil), yang menimbulkan reaksi torque. Karena torque ini timbul pada giro rotor sendiri, maka presesi akan terjadi sesudah 90^0 dari titik itu, dengan arah perputaran. Presesi ini akan terus

terjadi sampai giro dan tombol air raksa (mercury switch) berada pada operasi normal. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar

Bahwa perubahan gyroskop pada arah yang berlawanan, akan menyebabkan arus listrik mengalir pada bagian lain dari pada tombol lilitan kontrol datar (levelling switch control winding), sehingga membalik arah medan magnet stator serta presesi resultan.

c. Rangkuman

- **Artificial Horizon** atau gyro horizon kadang-kadang disebut juga attitude indicator (penunjukkan sikap dari pada pesawat terbang). Intrumen ini menggunakan space gyro, dimana gyro mempunyai tiga sikap gerak yang bebas, yaitu pitching, rolling dan yawing,

- **Artificial Horizon** menggunakan gyroscope jenis space gyro, diman rotor gyro dapat bebas bergerak ke segala arah, dengan kata lain gyro mempunyai tiga bingkai (three frame gyro)

- **Gerakan pesawat terhadap ketiga sumbunya.**
  - Sikap pitching, ialah sikap dimana pesawat berputar (bergerak) melalui sumbu lateral.
  - Sikap rolling, ialah sikap dimana pesawat berputar melalui longitudinal
  - Sikap yawing, ialah sikap dimana pesawat berputar melalui sumbu tegak (vertical axis).

- **Sistem Ereksi (Erection System).**
  sistem ereksi. Gunanya untuk menegakkan kembali dan menjaga poros rotor giro pada posisi selalu tegak , bila poros rotor gyro miring yang disebabkan oleh adanya gesekan dari lager (bearing), perputaran bumi atau pergerakan dari pada pesawat itu sendiri.

  - **Sistem sirip tegak (Pendulous vane unit),**
    terdiri dari empat buah pisau (jendela) secara berpasangan pada dua buah poros yang saling bersilangan. Udara dari rumah rotor, setelah rotor berputar dibuang melalui lubang jendela dan keluar menjadi 4 aliran udara, yaitu ke depan, kebelakang ke samping kanan dan kiri. udara yang keluar dari lubang jendela, berfungsi sebagai gaya kontrol terhadap giro , dengan memanfaatkan sifat gyro Precession

d. Tugas

1) Apa fungsi attitude indicator ?
2) Apa yang dimaksud dengan space gyro ?
3) Apa yang dimaksud dengan artificial horizon ?

e. Tes formatif

1) Jelas tentang ketiga sumbu pesawat, dan apa nama gerakan pesawat terhadap sumbu-sumbu tersebut !
2) Apa yang dimaksud dengan sistem ereksi ?

3) Jelaskan tentan sistem ereksi dengan sirip tegak (pendoulus vane) !

f. Kunci jawaban tes formatif

1) **Gerakan pesawat terhadap ketiga sumbunya**
   - Sikap pitching, ialah sikap dimana pesawat berputar (bergerak) melalui sumbu lateral.
   - Sikap rolling, ialah sikap dimana pesawat berputar melalui longitudinal
   - Sikap yawing, ialah sikap dimana pesawat berputar melalui sumbu tegak (vertical axis).

2) **Sistem Ereksi**
   Gunanya untuk menegakkan kembali dan menjaga poros rotor giro pada posisi selalu tegak , bila poros rotor gyro miring yang disebabkan oleh adanya gesekan dari lager (bearing), perputaran bumi atau pergerakan dari pada pesawat itu sendiri

3) **Sistem sirip tegak (Pendulous vane unit)**
   terdiri dari empat buah pisau (jendela) secara berpasangan pada dua buah poros yang saling bersilangan. Udara dari rumah rotor, setelah rotor berputar dibuang melalui lubang jendela dan keluar menjadi 4 aliran udara, yaitu ke depan, kebelakang ke samping kanan dan kiri. udara yang keluar dari lubang jendela, berfungsi sebagai gaya kontrol terhadap giro , dengan memanfaatkan sifat gyro Precession

g. Lembar kerja siswa

Attitude Indicator

1) Perhatikan gambar berikut !

2) Sebutkan nama –nama komponen Attitude indicator tersebut (lihat nomor)
   1..
   2 ....
   3 ....
   4 ....
   5 ....

8. Pembelajaran kedelapan

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menjelaskan pengertian Directionalgyro Indicator (DGI).
- Menjelaskan prinsip kerja Directionalgyro Indicator
- Menjelaskan pengertian Turn And Bank Indicator
- Menjelaskan prinsip kerja Turn And Bank Indicator

b. Uraian materi

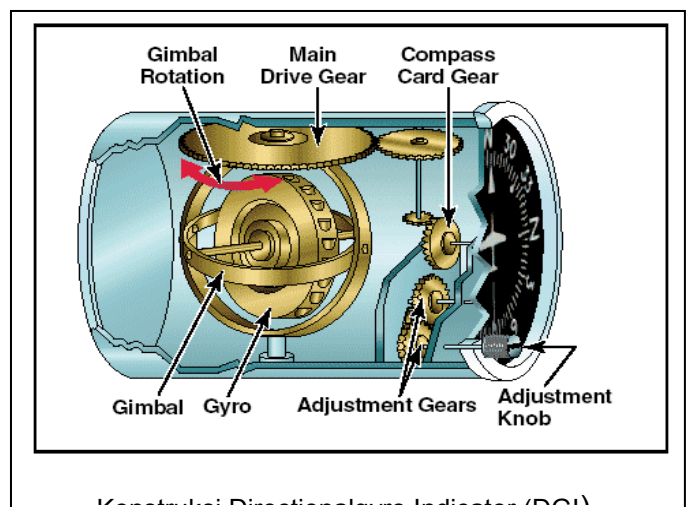
DIRECTIONAL GYRO INDICATOR (DGI)

Directionalgyro Indicator (DGI).

Directional gyro indicator yang digunakan oleh pelat dalam operasinya pesawat adalah instrument penunjuk, yang digunakan dalam penunjukan arah seperti halnya dengan magnetic compass (kompas magnet).

Dengan demikian directional gyro indicator dapat pula dikatakan sebagai kompas buatan.

Lihat gambar

Giro disanggah oleh gabungan dua buah kopling universal dan mekanisme yang diletakkan pada case (tempat) yang kedap udara dan vakum yang diisap oleh pompa isap (vacuum pompa) yang dipasang pada mesin pesawat atau tabung venturi (ventury tube) yang dipasang di bagian luar pesawat terbang. Udara masuk rumah instrumen (instrument case) melalui saringan udara (air filter), saluran dan jet nozzle yang digunakan untuk memutar giro rotor, dial (plat penunjuk) yang terdapat pada direktional Giro Indicator adalah suatu

plat logam yang digambarkan sesuai kompas magnet yang mempunyai derajat 360^0. Pilot dapat melihat dial (pembagian kartu) yang terpasang secara tegak lurus sebagai tanda (angka) pembacaan, dan garis penuntun (lubber line) sebagai pedoman pembacaan dalam penggunaan directional gyro indicator, seperti halnya pada magnet kompas.

Bila tombol pengunci (cage) ditekan, maka dua buah gimbal akan terkunci, dan dial (plat penunjuk) dapat diputar sesuai dengan arah yang diinginkan. Di dalam operasinya yang normal dengan pressure ± 4"Hg untuk instrument jenis lama atau ± 5"Hg untuk instrumen yang baru dengan kecepatan putar ± 12.000 RPM. (Putaran tiap menit), maka giro tersebut akan berada pada posisi yang tetap (rigid).

Directional gyro indicator akan lebih baik daripada magnetic compass (kompas magnet), dalam penunjukannya sebagai penunjuk arah, tanpa banyak mengalami gangguan maupun kesalahan yang disebabkan adanya leading (keter-depanan) atau lagging (keter-belakangan) seperti halnya yang dialami oleh kompas magnet.

TURN & BANK INDICATOR

Turn & Bank indicator adalah salah satu instrumen pesawat yang menggunakan gyroscope, sebagai detecting element.

Instrumen ini termasuk instrumen utama di dalam penggunaan instrumen terbang buta (blind flying instrument).

Walaupun demikian, dengan perkembangan dunia teknologi di dalam pesawat terbang, dan disesuaikan dengan kebutuhan operasi pesawat

maka Turn & Bank indicator di golongkan ke dalam golongan instrumen terbang (flight pesawat kecil) instrumen ini adalah merupakan instrumen pokok, akan tetapi untuk pesawat-pesawat besar, seperti pesawat-pesawat transport dan pesawat-pesawat yang lebih komplek lagi, maka instrumen ini digunakan oleh pilot (penerbang) untuk membantu melakukan gerakan-gerakan membelok dengan sudut yang tepat sesuai dengan prosedure pesawatnya.

Sebuah Turn & Bank indicator terdiri dari dua mekanisme, yaitu

I) Jarum (pointer) mekanisme yang dikontrol giroskop untuk menunjukkan laju belokan (rate of turn),

2) Mekanisme untuk mengetahui dan menunjukkan kemiringan (bank) lihat gambar

Untuk mengetahui sampai di mana laju belokan, digunakan sifat & presesi giro (Gyroscope precession). Perlu di catat bahwa giro ini berbeda dengan giro yang dipasang pada instrumen directional gyro indicator atau pada giro horizon, sebab di dalam giro ini hanya mempunyai satu

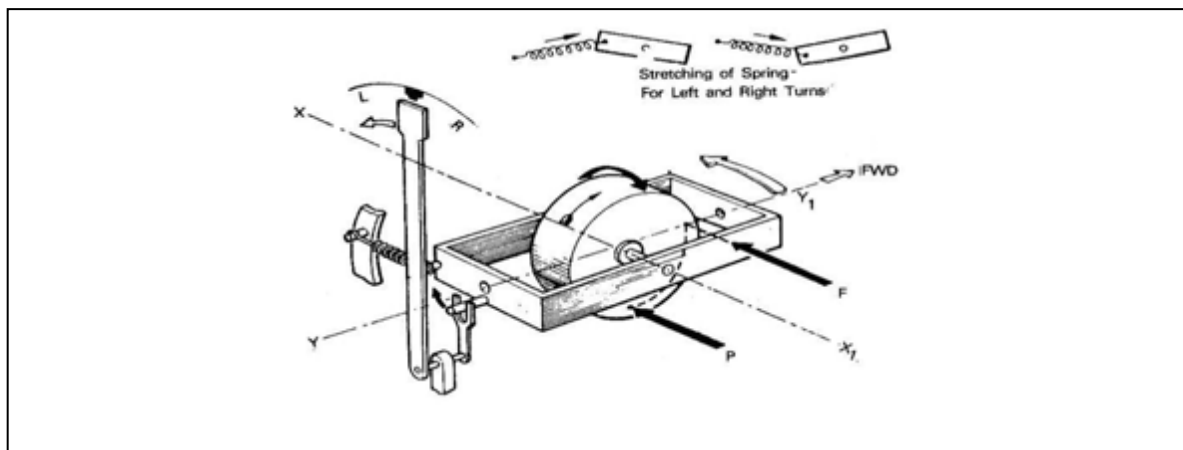
gimbal ring dan spring (per) yang menghubungkan gimbal ring dengan case (badan),yang dimaksudkan untuk membatasi gerak pada sumbunya.

Bila instrument berada pada posisi normal, karena ditahan oleh spring, maka sumbu putar giro akan tetap horizontal dan jarum (pointer) tetap pada penunjukan nol (zero). Karena putaran rotor, maka sifat rigidity akan menahan posisi ini.

Apabila kita belok ke kiri, gimbal ring pada sumbu longitudinal akan juga berbelok, tetapi karena gerakan ini ditekan oleh rigidity, maka rotor akan precess (menyimpang).

Arah penyimpangan (precess) dapat kita ketahui dari sifat-sif at giro.

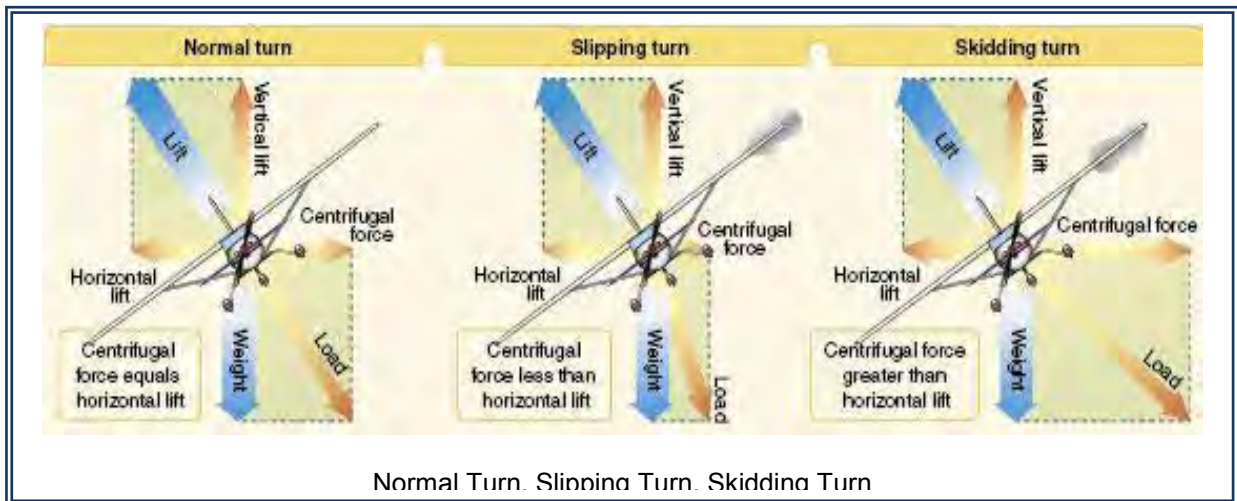
Suatu belokan ke kiri menyebabkan force (gaya) yang menekan sumbu bagian depan dari gimbal ring; hal ini akan mendorong rotor pada titik F. (lihat gambar 90). Kemudian tenaga-tenaga dorong ini dipindah 90^0 searah putaran rotor, yaitu dititik P, yang menyebabkan gimbal ring diatur menyimpang (tilt) pada sumbu longitudinal. Walaupu

demikian kita lebih mementingkan laju belokannya (rate of turn). Untuk membantu penunjukan ini kita kontrol sudut (derajat) penyimpangan (angular deflection), dari gimbal ring dengan menghubungkannya dengan spring ke case. Giroskop yang precess akan menarik spring tersebut dan mencegah gerak giro lebih lanjut, hingga spring force merupakan ukuran laju belokan.

Jarum (pointer) yang digerakkan oleh gimbal ring di perbesar penunjukannya, tergantung dari berapa besar manufaktur (pabrik) menghendaki skala yang disesuaikan (calibrated) dengan standar rate, walaupun tidak selalu dibagi di dalam skala, biasanya diklasifikasikan dengan nomor-nomor, misalnya: rate 1, rate 2, rate 3, rate 4, yang dapat diartikan dengan laju belokan dalam 180^0 per menit, 1600 per menit dan seterusnya.

Suatu sistem peredam getaran (oscillation damper) juga dipasang dan dapat disesuaikan (ajustable) hingga pointer perubahan arah belokan menujukkan laju belokan yang cepat dan tepat. Dapat dicatat pula, bahwa suatu Turn & Bank indicator (rate giro) tidak memerlukan suatu "erecting device" seperti halnya artificial horizon, karena penunjukan selalu dikembalikan

oleh adanya spring (per). Juga sebab lain adalah karena pada Turn & Bank indicator kecepatan putar rotor tidak terlalu tinggi, kira-kira hanya antara 4000 - 4500 Rpm.

Penunjukan Bank (Sudut kemiringan).

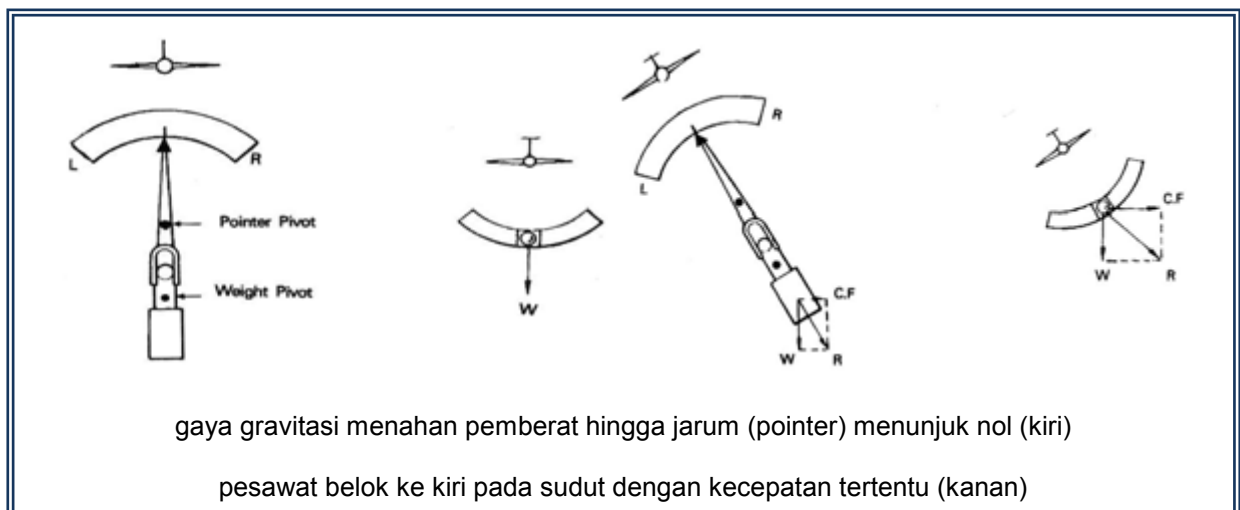
Normal Turn, Slipping Turn, Skidding Turn

Penunjukan instrumen Turn and Bank indicator disamping penunjukan rate of turn, juga dilengkapi dengan slip indicator instrumen ini dapat menunjukkan apakah pesawat sudah tepat pada sudut kemiringannya pada suatu laju pembelokan yang dikehendaki. Alat ini dapat bekerja berdasarkan atas dua macam gaya, yaitu:

- gaya gravitasi,
- gaya centrifugal.

Prinsip mekanisme, ada dua cara yaitu - memakai pemberat dengan pointer.

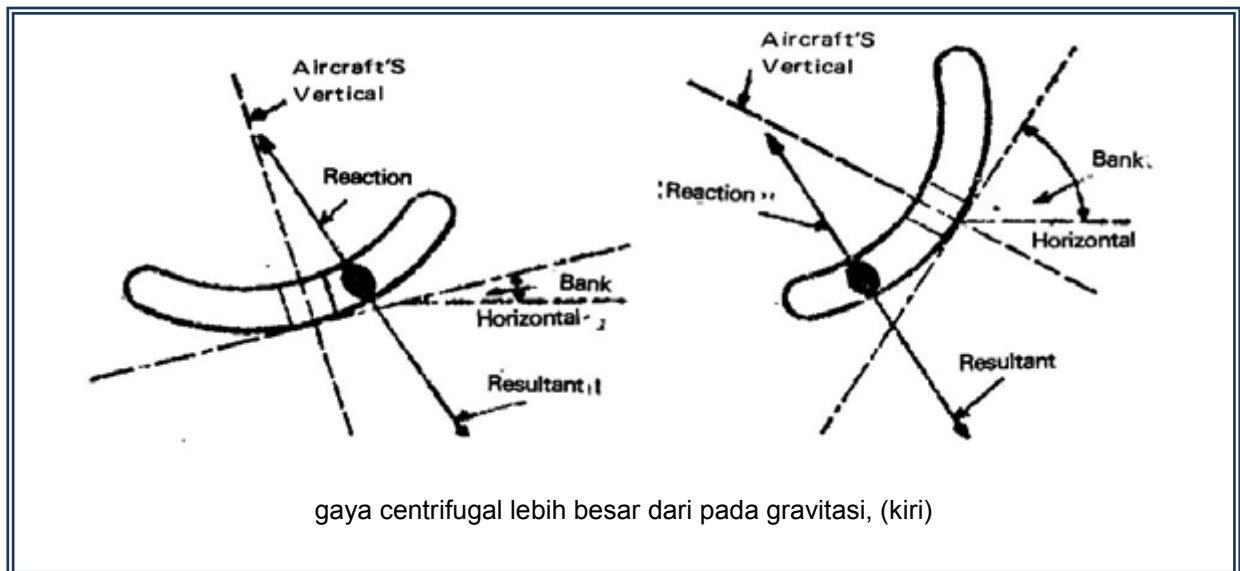
memakai tabung yang berisi cairan (inclinometer). Cara (methode) dengan memakai pemberat.

gaya gravitasi menahan pemberat hingga jarum (pointer) menunjuk nol (kiri)

pesawat belok ke kiri pada sudut dengan kecepatan tertentu (kanan)

Jika dalam normal flight (terbang normal) - lihat gambar , gaya gravitasi menahan pemberat hingga jarum (pointer) menunjuk nol, gambar , pesawat belok ke kiri pada sudut dengan kecepatan tertentu.

Badan penunjuk (indicator case) dan skala bergerak bersama-sama pesawat

hingga terjadi gaya centrifugal yang mendorong pemberat ke luar dari titik belokan., tetapi apabila sudut pembelokan tepat, hingga gaya gravitasi dan gaya centrifugal sama besar, maka pointer (jarum) tetap pada posisi nol dan segaris dengan resultante dari pada kedua gaya tersebut.

gaya centrifugal lebih besar dari pada gravitasi, (kiri)

Jika pada waktu membelok tombol kecepatan pesawat di tekan, maka gaya

centifugalpun akan bertambah, tetapi apabila sudut pembelokan tepat, maka jarum/ bola dan pemberat akan tetap pada posisi nol. Jika sudut pembelokan kurang (under banked) lihat gambar 91c, maka pesawat akan "skid" (terlempar ke luar dari belokan). Dalam hal ini gaya centrifugal lebih besar dari pada gravitasi, sehingga pemberat dan jarum bergerak ke luar.

Demikian juga sebaliknya, apabila sudut pembelokan diperbesar (over banked), lihat gambar 91d, maka pesawat akan terjadi "slip", sebab gaya gravitasi akan lebih besar daripada gaya centrifugal, sehingga jarum (pointer) dan pemberat akan bergerak berlawanan dengan pada waktu underbanked. Pada Bank Indicator tipe bola dengan gelas melengkung (inclinometer), pada prinsipnya adalah sama dengan tipe pemberat dan jarum. Perbedaan hanya terletak pada gerakan dari bola, dimana gerakannya berlawanan dengan tipe pemberat dan jarum, karena gaya yang bekerja langsung pada bolanya. Lihat gambar 92.

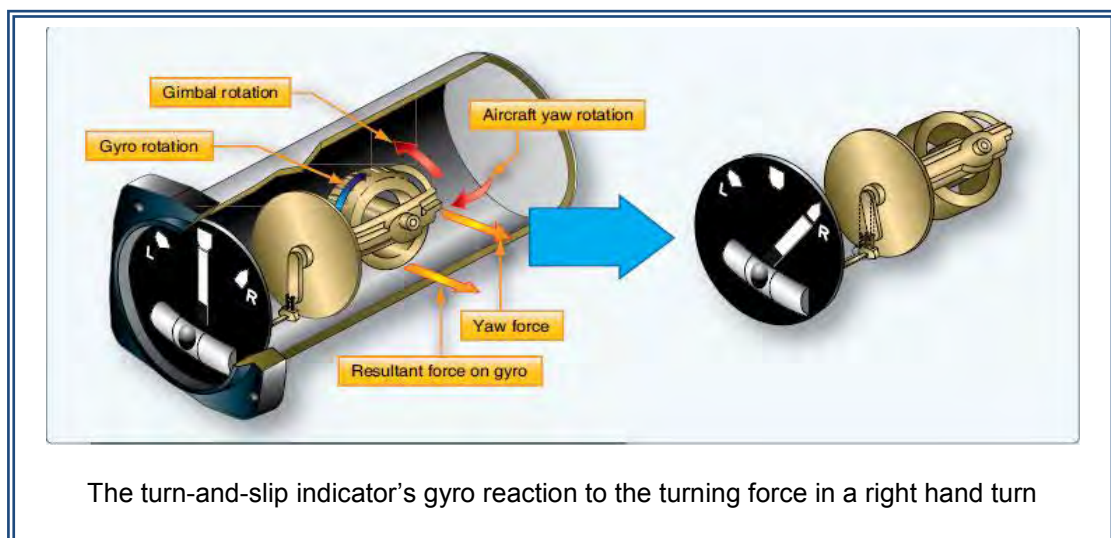
Sumber-sumber penggerak rotor giro pada Turn & Bank indicator adalah sumber penggerak dengan udara vakum; ini didapat dari pompa vakum (vacuum pump) yang dipasang pada mesin pesawat, atau dari tabung ventury (ventury tube), yang dipasang pada rangka pesawat terbang.

Turn and slip indicator

Turn & Bank indicator menggunakan sumber penggerak udara vakum dengan tekanan ± 2" Hg untuk memutar giro rotor dengan udara; melalui filter yang disalurkan ke sebuah "Jet black" udara dari jet black ini diarahkan ke "rotor bucket", sehingga rotor giro berputar lihat gambar

Sumber penggerak Turn & Bank indicator dengan listrik arus searah (direct current) umumnya menggunakan voltase 12 volt atau 24 volt DC. Perbedaan antara sumber penggerak listrik dan sumber penggerak udara vacum, hanya terletak pada konstruksi dan operasi listriknya, Lihat gambar .

Rotor terdiri dari sebuah "Lap wound" armatur dan sebuah rim luar yang diletakkan konsentris; guna rim luar ini ialah untuk menambah massa rotor, radius dari gyrotion. Armature bergerak di dalam sebuah cilinder kutub permanent magnit stator yang dipasang pada gimbal ring DC diantarkan ke brush dan commutator melalui radio interference suppressor dan flexible spring, yang mengakibatkan bergeraknya inner ring. Kecepatan rotor dikendalikan oleh 2 buah centrifugal cutout yang sama besar dan berlawanan arah. Tiap-tiap cutout terdiri dari sepasang governor contact, yang berujung platinum, yang satu tetap (fixed) dan yang lainnya dapat bergerak

The turn-and-slip indicator’s gyro reaction to the turning force in a right hand turn

Bila maximum kecepatan rotor dicapai, juga centrifugal pada kontak menekan spring, maka akan mengakibatkan kontak terbuka. Dengan terbukanya kontak, maka arus akan diteruskan melewati armature. Arus armature kemudian melewati resistor (tahanan), yang mengakibatkan kecepatan rotor berkurang. Dan seterusnya sehingga ke 2 cut-out bekerja pada "critical speed" yang sama.

Turn & Bank tipe ini dilengkapi dengan tanda bendera (flag) yang akan berada pada tempat On, bila sumber penggerak sedang bekerja dan bendera tertarik bila permanen magnet stator (flux diverter) berhenti bekerja.

Tanda ini digerakkan oleh lengan berengsel yang dihubungkan dengan gimbal ring. Bila tenaga berhenti, lengan tersebut tertarik oleh spring yang dipasang pada bendera (flag) tersebut dengan posisi restar, sehingga pembacaan off ke luar.

c. Rangkuman

- **Directional Gyro Indicator**
  adalah instrument penunjuk, yang digunakan dalam penunjukan arah seperti halnya dengan magnetic compass (kompas magnet). Tapi Directional Gyro Indicator bekerja atas dasar gyroscope memanfaatkan sifat " ***Rigidity In Space"***

- **Cara kerja directional gyro indicator**
  Adalahkarena gyro dapat mempertahankan arah poros putarnya (seperti magnet menunjuk utara selatan), karena sifat inilah maka giro dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan kartu compass (compass card) sehingga bila pesawat berubah arah maka kartu akan ikut berubah sesuai dengan arah yang sebenarnya. Compass card ini akan berputar 360º bila pesawat berputar 360º .

- **Turn and Bank Indicator**
  di dalam instrument ini giro yang digunakan hanya mempunyai satu gimbal ring dan spring (per) yang menghubungkan gimbal ring dengan case (badan),yang dimaksudkan untuk membatasi gerak pada sumbunya. Prinsip kerjanya memanfaatkan sifat precession dari pada gyro,

- **Slip Indicator** instrumen ini dapat menunjukkan apakah pesawat sudah tepat pada sudut kemiringannya pada suatu laju pembelokan yang dikehendaki. Alat ini dapat bekerja berdasarkan atas dua macam gaya yaitu:
  - gaya gravitasi,
  - gaya centrifugal.
  -

- **Normal turn**ialah pesawat melakukan belok dengan tepat, artinya centrifugal force sama dengan gaya horizontal lift

- **Slipping turn**ialah pesawat melakukan belok dengan tepat, artinya centrifugal force lebih kecil dengan gaya horizontal lift

- **Skidding turn**ialah pesawat melakukan belok dengan tepat, artinya centrifugal force lebih besar dengan gaya horizontal lift

d. Tugas

1) Apa yang dimaksud dengan Directional Gyro Indicator
2) Sifat gyro yang manakah untuk Directional Gyro Indicator
3) Sifat gyro yang manakah untuk Turn And Bank Indicator

e. Tes formatif

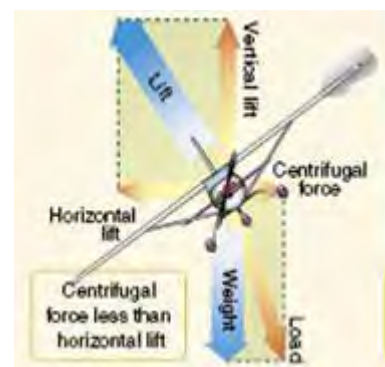
1) Jelaskan prisip kerja turn and bank indicator
2) Jelaskan cara kerja slip indicator

3) Gambarkan bila bila pesawat slip dalam melakukan belok/ berputar

f. Kunci jawaban tes formatif

1) **Turn and Bank Indicator**
di dalam instrument ini giro yang digunakan hanya mempunyai satu gimbal ring dan spring (per) yang menghubungkan gimbal ring dengan case (badan),yang dimaksudkan untuk membatasi gerak pada sumbunya. Prinsip kerjanya memanfaatkan sifat precession dari pada gyro,

2) **Slip Indicator** instrumen ini dapat menunjukkan apakah pesawat sudah tepat pada sudut kemiringannya pada suatu laju pembelokan yang dikehendaki. Alat ini dapat bekerja berdasarkan atas dua macam gaya yaitu:
   - gaya gravitasi,
   - gaya centrifugal

3) Pesawat dikatakan slip bila dalam melakukan belok/ berputar antara sudut kemiringan dengan kecepatan berputarnya tidak seimbang, dengan kata lain gaya berat lebih besar dari pada gaya centrifugal, atau gaya centrifugal lebih kecil dari pada gaya horizontal lift

g. Lembar kerja siswa

LEMBAR KERJA PRAKTEK

Mata pelajaran	: aircraft instruments
Kompetensi dasar	: gyroscopic instrument
Kelas/ semester	:
Waktu	:

I. Tujuan :

1. Siswa dapat dapat menyebutkan fungsi gyroscopic instruments

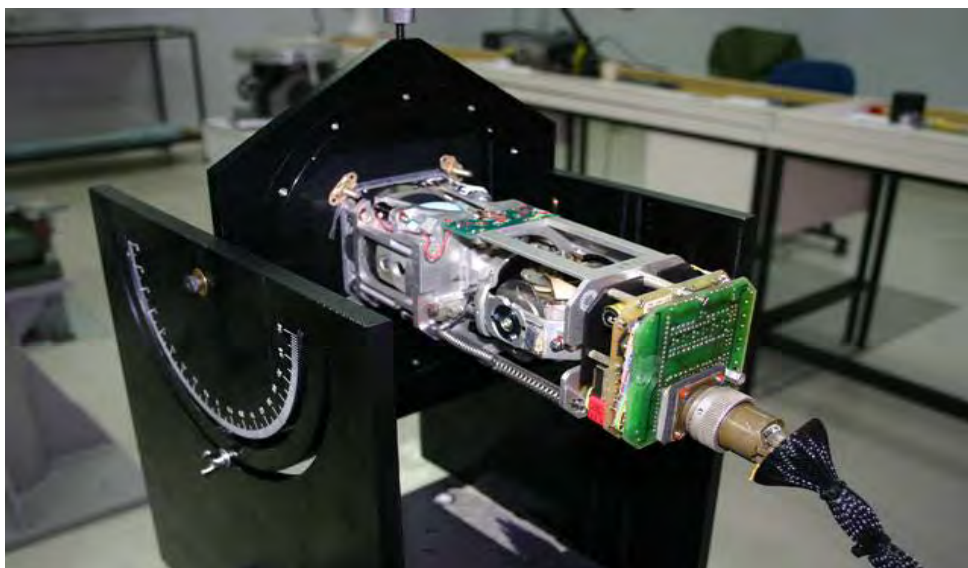
2. Siswa dapat dapat menyebutkan komponen gyroscopic instruments
3. Siswa dapat melakukan pengetesan gyroscopic instruments
4. Siswa dapat membaca hasil pengukuran parameter-parameter dalam pengetesan
5. Siswa dapat membuat laporan hasil pengukuran

II. Alat yang digunakan

1. Amper meter
2. Voltmeter
3. Gyroscopic instruments Test bench
4. Sumber listrik DC
5. Sumber listrik ac 3 fasa
6. Gyroscopic instruments

III. Langkah kerja

1. Siapkan alat yang diperlukan (bon alat)
2. Pasang gyroscopic instrument pada test bench
3. Hubungkan conector ke instrument
4. Hidupkan sumber listrik untuk gyroscopic instrument
5. Amati dan catat penunjukan gyroscopic instrument
6. Ubahlah kemiringan gyroscopic instrument ke kiri dan catat penunjukan gyroscopic instrument
7. Ubahlah kemiringan gyroscopic instrument ke kanan dan catat penunjukan gyroscopic instrument
8. Ubahlah kemiringan gyroscopic instrument ke depan dan catat penunjukan gyroscopic instrument
9. Ubahlah kemiringan gyroscopic instrument ke belakang dan catat penunjukan gyroscopic instrument

IV. Gambar pemasangan gyroscopic instrument pada test bench

V. **Data pengukuran**

VI. **Buat laporan hasil pengukuran dan berikan kesimpulan**

9. Pembelajaran kesembilan

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menjelaskan pengertian tachometer
- Menyebutkan macam-macam tachometer
- Menjelaskan prinsip kerja centrifugal tachometer
- Menjelaskan prinsip kerja electric tachometer (DC tachometer system)
- Menjelaskan prinsip kerja electric tachometer (AC tachometer system)

b. Uraian materi

TACHOMETER

Pengertian Tachometer

Tachometer adalah suatu instrumen untuk menunjukan kecepatan berputar poros engkol pada motor piston dan kecepatan rotor utama pada motor turbin.
Tachometer adalah sebuah instrumen atau alat yang mampu untuk mengukur kecepatan putaran dari poros engkol atau piringan, seperti yang terdapat pada sebuah motor atau mesin lainnya. Alat ini biasanya menampilkan revolutions per minute (RPM).Satuan dari tachometer adalah R.P.M. (revolution per minute).Tachometer sistem yang banyak digunakan pada pesawat udara adalah sistem mekanik dan sistem elektrik.

Tachometer yang terdapatpada mobil, pesawat udara dan kendaraan-kendaraan lainnya biasanya menunjukan tingkat rotasi/perputaran pada poros engkol mesin, dan secara tipikal sudah menandakan indikasi jangkauan keselamatan dari perputaran mesin.Hal ini mampu menolong pengemudi/pilot dalam menyeleksi akselerasi yang pas dan pengaturan rotasi mesin untuk segala macam kondisi pengendaraan.

Tachometer dikendalikan oleh putaran kabel dari sebuah unit pengendali yang dimasukkan kedalam mesin (biasanya pada poros engkol) juga ada-biasanya pada sistem mesin diesel sederhana yang menggunakan basis sistem elektris ataupun tanpa sistem elektrik. Pada sistem manajemen mesin yang umumnya terdapat pada kendaraan-kendaraan moderen, sinyal untuk tachometer biasanya dihasilkan dari sebuah mesin ECU yang menghantarkan informasi baik dari sensor kecepatan putaran yang terdapat pada poros engkol.

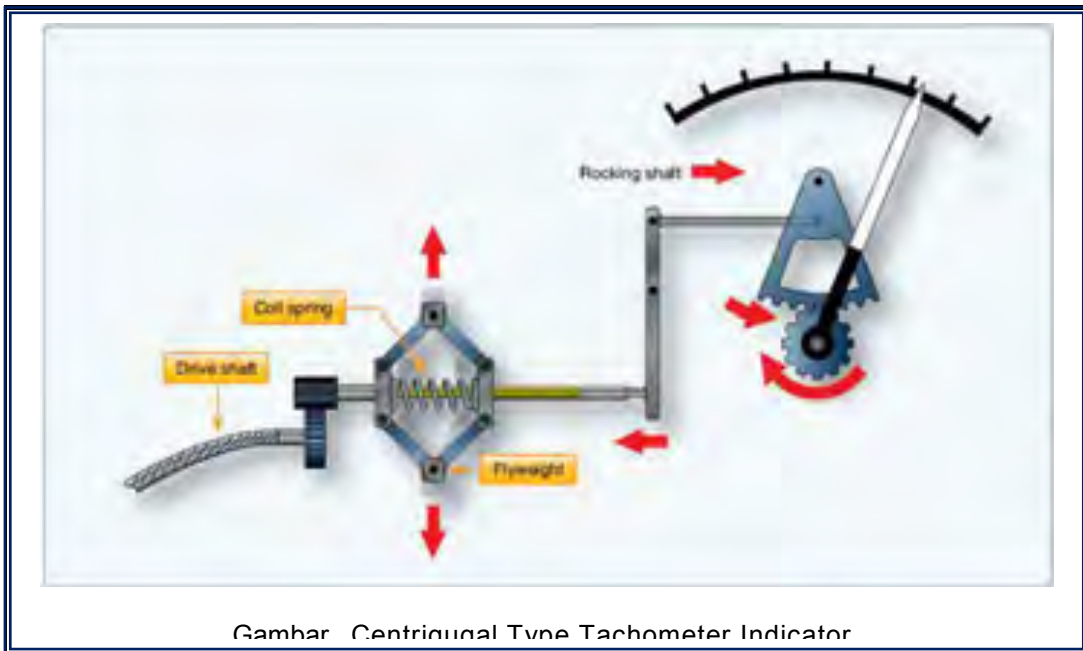
1) Macam-Macam Tachometer

Tachometer **indicator** adalah suatu instrumen untuk menunjukan kecepatan berputar poros engkol (crankshaft) pada motor piston dan kecepatan rotor utama (main motor) pada poros turbin. Skala penunjukan (indicating dial) pada tachometer indicator yang dipakai untuk motor piston dikalibrasikan menjadi R.P.M. (revolution per minute).

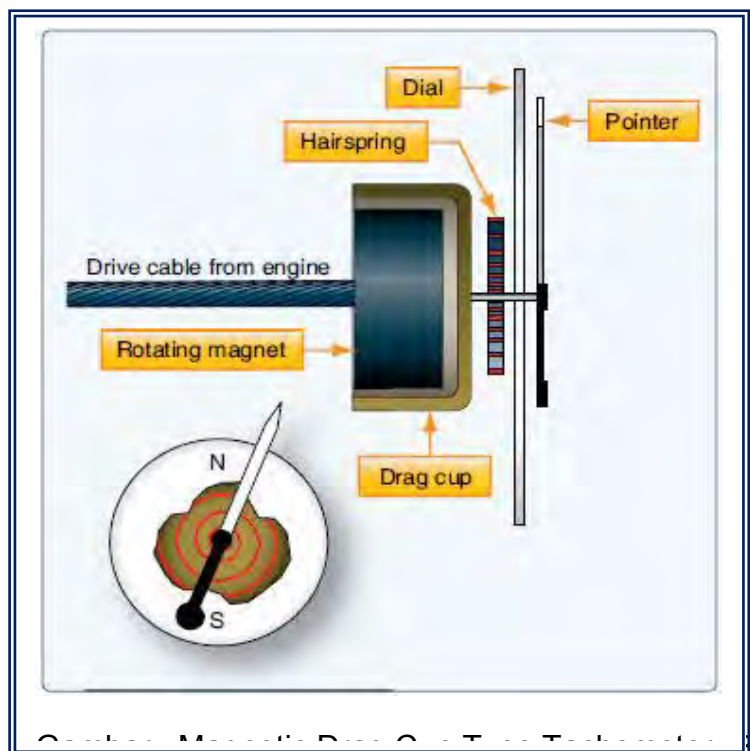
Tachometer sistem yang banyak digunakan pada pesawat udara adalah sistem mekanik dan sistem elektrik.

a) Tachometer Sistem Mekanik Centrifugal Type Tachometer Indicator

Indicator ini dinamakan centrifugal tipe dikarenakan cara kerjanya mempergunakan sistem centrifugal. Hubungan antara engine dengan indicator di kokpit adalah dengan mempergunakan flexible cable. Indicatornya terdiri dari komponen-komponen seperti spindle yang diputar oleh flexible drive shaft, bandulan (flyweight) yang dipasangkan pada spindle, sliding collar yang bebas bergerak turun naik pada spindel yang berputar, sektor gear, pinion gear pointer.

Gambar . Centrifugal Type Tachometer Indicator

Cara kerja : apabila engine berputar maka putaran ini dirteruskan melalui flexible drive shaft untuk memutarkan spindle pada indicator. Perputaran spindle yang juga memutar bandulan (weight) akan mengakibatkan timbulnya gaya centrifugal. Gaya centrifugal yang dihasilkan ini mempunyai tendensi untuk membawa bandulan ke posisi horisontal: akibatnya sliding collar akan ditarik ke bawah. Pergerakan sliding collar ini diteruskan pada sector gear untuk memutar pinion gear di mana pointer dipasangkan satu shaft dengannya, sehingga memberikan penunjukan RPM pada dial. Semakin besar putaran engine maka makin besar pula putaraan pada spindle dan pula gaya centrifugalnya: akibatnya sliding collar bergerak semakin ke bawah, sector gear berputar lebih banyak daan pointer menunjukan angka yang lebih besar. Untuk mendapatkan penunjukan yang tidak berubah ubah pada RPM tertentu maka dipasangkan hair spring pada axis bandulan (whight) sebagian balancing untuk mengimbangi gaya centrifugal sehingga setiap penambahan gaya centrifugal karena penambahan RPM dapat menambah penunjukan pada pointer dan apabila gaya centrifugal adalah sama dengan spring tension maka pointer akan berhenti pada posisi tersebut.

Magnetic Drag Cup Type Tachometer Indicator.

Indikator tipe ini terdiri dari permanen magnet yang lansung diputar oleh flexible drive shaft sesuai

dengan putaran engine, drag cup, hair spring dan pointer

Prinsip Kerja

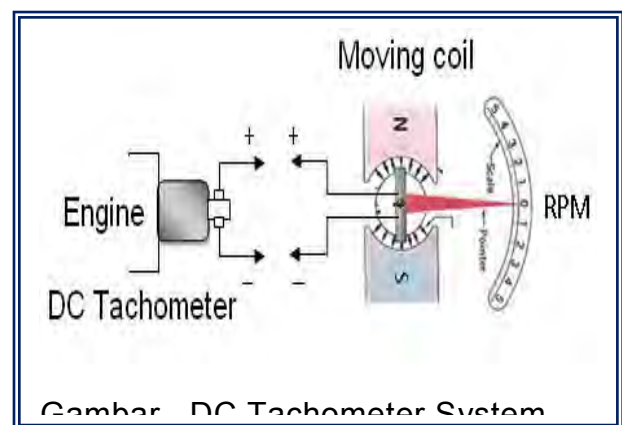
Apabila motor berputar, maka permanen magnet yang dihubungkan dengan flexible drive shaft pada indikator akan berputar sama dengan putaran motor, karena adanya gerak relatif antara permanen magnet dengan darg cup maka drag cup akan mendapat induksi arus berputar (eddy current).

Arus berputar (eddy current) ini menimbulkan medan magnet pada drag cup, hal ini menimbulkan reaksi torque dan medan-medan magnet dan menyebabkan drag *cup* berputar terus menerus searah dengan putaran permanent magnet dan pointer mendapat putaran yang sama dengan drag cup. Untuk menghindari perputaran drag cup yang terus menerus maka pada batang penghubung dengan pointer dipasang spring (hair-spring) yang sudah dikalibrasikan untuk mengimbangi reaksi torque sehingga drag cup akan berhenti pada posisi tertentu apabila torque tersebut sudah seimbang dengan tensi dari spring.

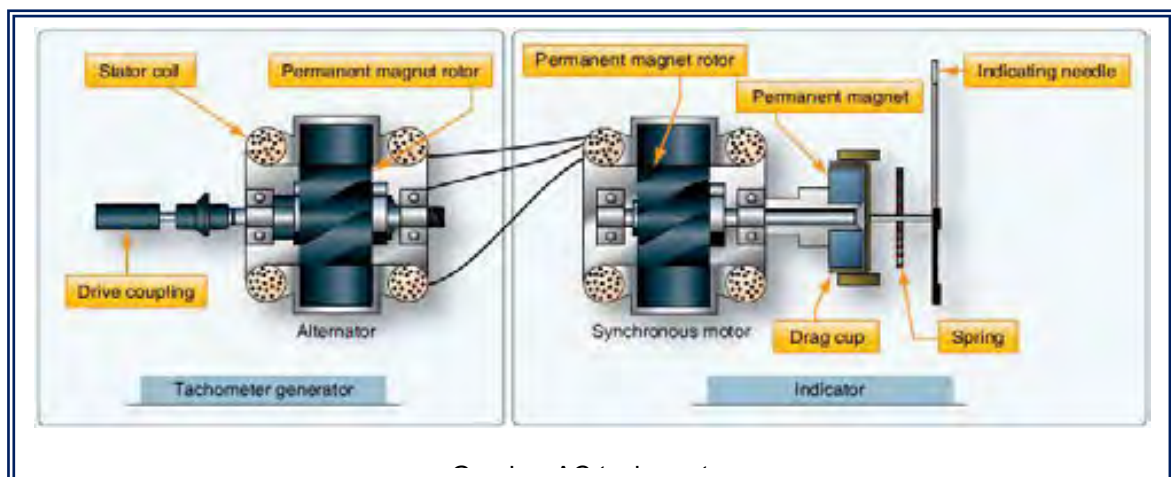
b) TachometerSistem Electrik.

Sebagai pengganti sistem di atas dikembangkan penggunaan tachometer elektrik. Tachometer elektrik dibagi menjadi dua jenis yaitu :

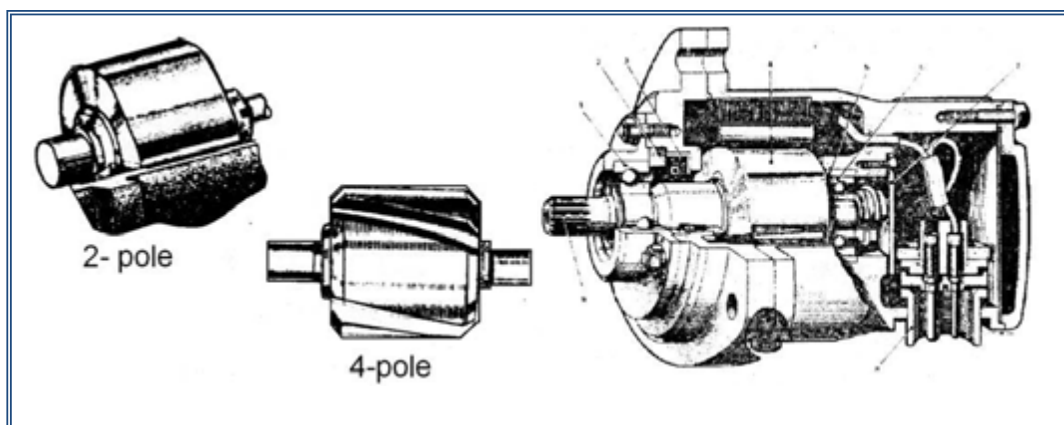
1) D.C. Tachometer sistem

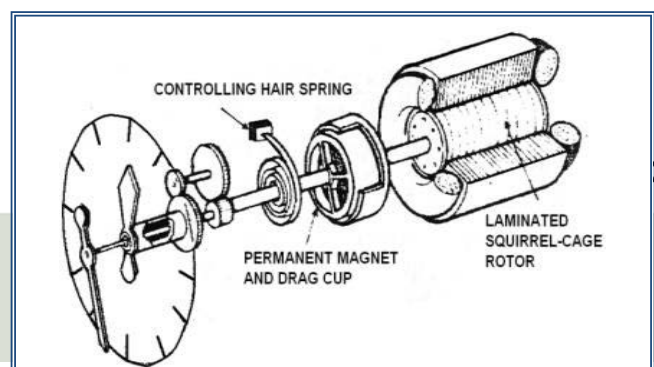
Sistem ini menggunakan sebuah DC generator yang sederhana diputar oleh engine, di mana arus listrik yang dihasilkan diteruskan ke suatu voltmeter yang sudah dikalibrasikan menjadi skala RPM dicockpit dengan menggunakan kabel-kabel listrik.Tegangan arus listrik yang dihasilkan D.C. generator ini berbanding lurus dengan besarnya putaran engine.Dengan demikian penunjukan dari voltrneter adalah menunjukkan besarnya putaran engine setiap menit (RPM).

2) AC Tachometer sistem

Tachometer yang banyak dan umum dipakai untuk penunjukan engine RPM adalah dengan menggunakan alternator tiga phase yang diputar oleh engine untuk mendapatkan arus AC tiga phase di mana frequensinya ditentukan oleh besarnya engine RPM. Arus dari alternator ini dialirkan ke suatu synchronous motor tiga phase pada Tachometer indikator.

Kecepatan putaran motor ditentukan oleh frequensi arus yang dihasilkan alternator dari putaran engine.Alternator yang diputar oleh engine menghasilkan arus AC tiga phasa yang kemudian disalurkan melalui kawat-kawat listrik ke synchronous motor. Arus tiga phase ini menimbulkan medan magnet yang berputar pada stator dari synchronous motor. Rotor dari synchronous motor ini adalah permanen magnet yang kemudian meluruskan diri dengan medan magnet yang berputar dan hasilnya rotor dari synchronous motor ini akan berputar sebesar putaran alternator. Synchronous motor tersebut dipergunakan memutar sebuah magnet di dalarn drag cup, sehingga menyebabkan drag cup berputar dan menggerakkan indicating needle (pointer).

3) TachometerGenerator

Generator ini terdiri dari sebuah rotor, terbuat dari permanen magnet, berputar di dalam stator yang mempunyai gulungan tiga phasa hubungan star.Rotor ini ada yang dua pole dan empat pole dan dijadikan magnet setelah dipasang pada stator.

.

Prinsip Kerja

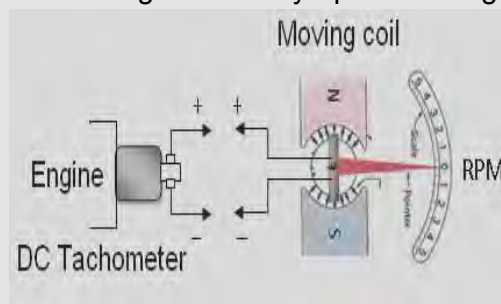
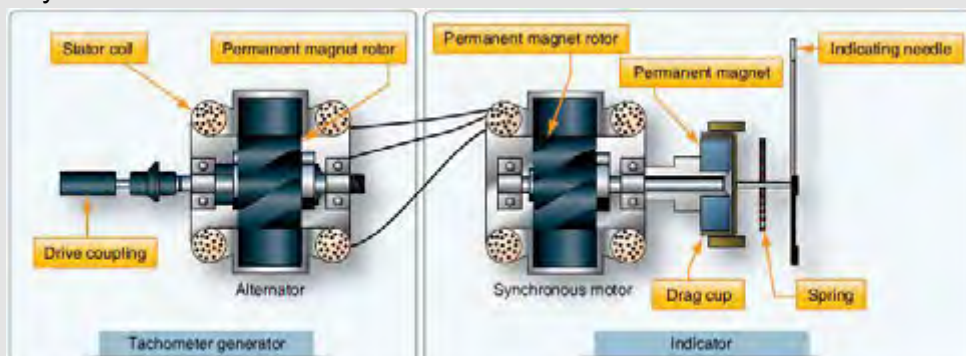
Apabila rotor dari generator ini berputar di dalam stator, setiap pole,

melewati gulungan stator dan menghasilkan tiga wave atau phase arus bolak balik yaitu 120^0 satu sama lain. Besarnya voltage yang dihasilkan tergantung dari besarnya medan magnet dan kecepatan berputar dari rotor di dalam phase coil (Hukum Faraday). Pada setiap pasang pole magnet melewati setiap coil (gulungan), maka yang dihasilkan menjadi I cycle penuh pada frekuensi yang ditentukan oleh kecepatan berputar dari rotor. Frequensi gaya gerak listrik (EMF) yang dihasilkan menjadi pengukur kecepatan motor (engine speed). Arus listrik yang dihasilkan oleh generator ini dihubungkan dengan indikator di mana terdapat synchronous motor (motor listrik) sebagai penggerak dari pointer.

c. Rangkuman

- **Tachometer** adalah suatu instrumen untuk menunjukan kecepatan berputar poros engkol pada motor piston dan kecepatan rotor utama pada motor turbin

- **TachometerSistem Mekanik**
  Centrifugal Type Tachometer , Indicator ini dinamakan centrifugal tipe dikarenakan cara kerjanya mempergunakan sistem centrifugal

  Hubungan antara engine dengan indicator di kokpit adalah dengan mempergunakan flexible cable. Indicatornya terdiri dari komponen-komponen seperti spindle yang diputar oleh flexible drive shaft, bandulan (flyweight) yang dipasangkan pada spindle, sliding collar yang bebas bergerak turun naik pada spindel yang berputar, sektor gear, pinion gear pointer

- **D.C. Tachometer sistem**
  Sistem ini menggunakan sebuah DC generator yang sederhana diputar oleh engine, di mana arus listrik yang dihasilkan diteruskan ke suatu voltmeter yang sudah dikalibrasikan menjadi skala RPM dicockpit dengan menggunakan kabel-kabel listrik.Tegangan arus listrik yang dihasilkan D.C. generator ini berbanding lurus dengan besarnya putaran engine.

- **AC Tachometer sistem**
  Kecepatan putaran motor¨ ditentukan oleh frequensi arus yang dihasilkan alternator dari putaran engine. Alternator yang diputar oleh engine menghasilkan arus AC tiga phasa yang kemudian disalurkan melalui kawat-kawat listrik ke synchronous motor

d. Tugas

1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan tachometer !
2) Sebutkan macam-macam tachometer yang kau ketahui !
3) Jelaskan cara kerja AC tachometer !

e. Tes formatif

1) Jelaskan DC generator dapat digunakan untuk mengukur ptaran !
2) Suatu DC tachometer tertulis : 0,06 V/rpm, berapa volt tegangan yang dihasilkan t DC tachometer tersebut jika putaran yang diukur sebesar 1500 Rpm
3) Jelaskan cara kerja centrifugal tachometer !

f. Kunci jawaban tes formatif

1) DC generator dapat digunakan untk mengukur putaran , karena tegangan yang dihasilkanoleh generator secara linier berbanding lurus dengan putaran generator tersebut,

2) Tegangan yang dihasilkan DC Tachometer (E) adalah:

   E = 0,06 x 1500 = 90 volt

3) **Centrifugal Type Tachometer** , Indicator ini dinamakan centrifugal tipe dikarenakan cara kerjanya mempergunakan sistem centrifugal

   Hubungan antara engine dengan indicator di kokpit adalah dengan mempergunakan flexible cable. Indicatornya terdiri dari komponen-komponen seperti spindle yang diputar oleh flexible drive shaft, bandulan (flyweight) yang dipasangkan pada spindle, sliding collar yang bebas bergerak turun naik pada spindel yang berputar, sektor gear, pinion gear pointer

g. Lembar kerja siswa

LEMBAR KERJA PRAKTEK

Mata pelajaran	: Aircraft Instruments
Kompetensi dasar	: Engine Instruments
Kelas/ semester	:
Waktu	:

I. Tujuan :

1. Siswa dapat dapat memasang tachometer pada mesin (engine)
2. Siswa dapat mengkukur putaran mesin (engine)
3. Siswa dapat membaca hasil pengukuran tachometer

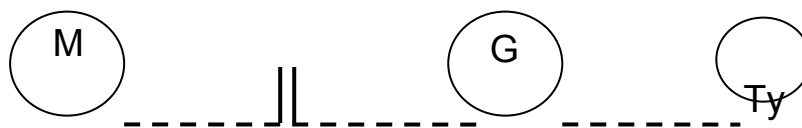
4. Siswa dapat menganalisis hasil pengukuran

II. Alat yang digunakan

1. mper meter
2. Voltmeter
3. Motor ac 3 fasa
4. Generator DC
5. Sumber listrik DC
6. Sumber listrik ac 3 fasa
7. Tachogenerator (tachometer)
8. Kabel penghubung

III. Langkah kerja

1. Siapkan alat yang diperlukan (bon alat)
2. Buat rangkaian seperti pada gambar rangkaian
3. Periksakan rangkaian yang sudah selesai kepada guru/ instruktur
4. Bila sudah benar hidupkan listrik (ON)
5. Isilah data/ tabel pada setiap percobaan
6. Matikan listrik
7. Kembalikan alat ketempat semula, laporkan ke toolllman

IV. Wiringdiagram Pengukuran putaran mesin

Digital Tachometer

V. Data pengukuran

Tegangan Tachometer (Volt) Ty	15	30	45	60	75	90	105
Putaran Mesin Digital	…..	…..	…..	…..	…..	…..	…..

Tachometer							

VI. Buat laporan praktek

10. Pembelajaran kesepuluh

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

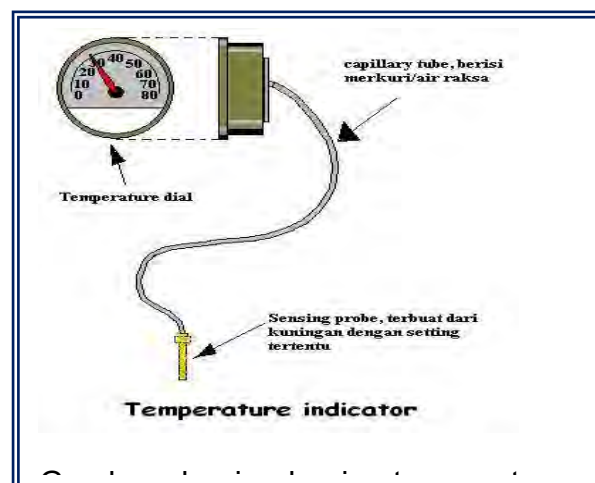
- Menjelaskan menjelaskan fungsi Oil Temperature Indicator
- Menjelaskan menjelaskan fungsi Cylinder Head Temperature Indicator
- Menjelaskan menjelaskan fungsi Exhaust Gas Temperature Indicator
- Menjelaskan menjelaskan prinsip kerja Oil Temperature Indicator
- Menjelaskan menjelaskan prinsip kerja Cylinder Head Temperature Indicator
- Menjelaskan menjelaskan prinsip kerja Exhaust Gas Temperature Indicator

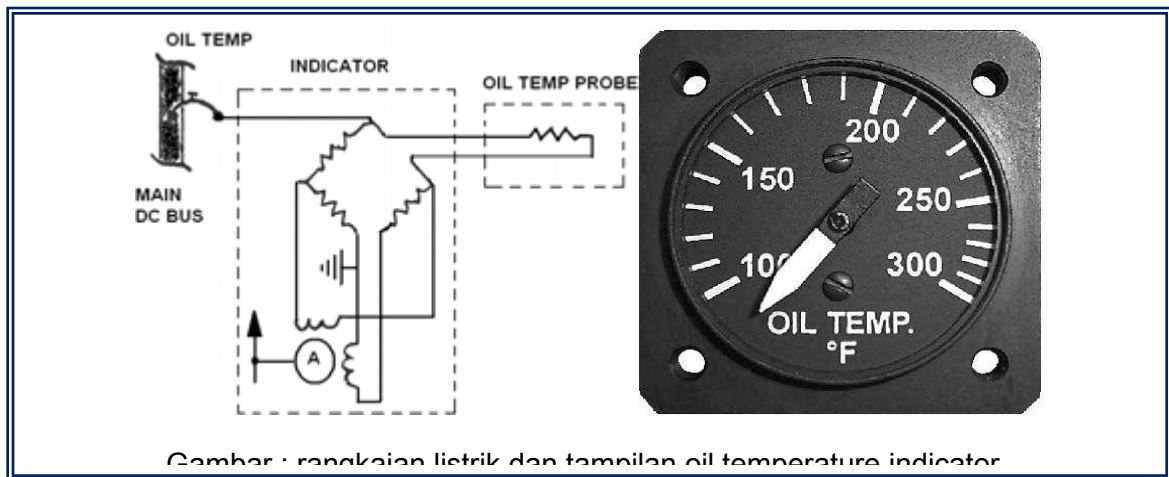
b. Uraian materi

OIL TEMPERATURE INDICATOR

Sistem penunjukkan temperature oli terdiri dari resistance sensing element (probe), indikator dan kabel-kabel (wires) untuk menghubungkan probe dengan indicator.

.

Setiap engine (untuk multi engine) mempunyai sistem penunjukkan sendiri. Sensing element (probe) bisa ditempatkan pada saluran outlet oil pressure pump (disebut dengan inlet oil temperature indicator) atau pada saluran oli sebelum oil cooler (disebut dengan outlet temperature idication), akan tetapi yang banyak dipergunakan adalah dengan inlet oil temperature indication.

Temperature probe ini terdiri dari sebuah resistor yang sensitif terhadap perubahan temperature oli.

Kenaikan atau penurunan temperature oli akan menyebabkan harga tahanan dari resistor berubah. Resistor pada probe ini dihubungkan secara listrik dengan indicator dan membentuk satu kaki dari bridge circuit (rangkaian jembatan) sedangkan indikatornya terdiri dari rangkaian jembatan yang tidak balance (seimbang) dan moving coil untuk menggerakkan pointer.

Gambar : rangkaian listrik dan tampilan oil temperature indicator

Perubahan temperature pada probe akan mengakibatkan keseimbangan pada jembatan berubah, sehingga arus listrik akan mengalir dan kaki jembatan yang mempunyai resistance lebih kecil ke coil C1 dan besar kecilnya arus yang mengalir akan tergantung dari besarnya ke-tidak-seimbangan pada jembatan, hal ini akan menentukan besar kecilnya defleksi dari pointer yang dihubungkan secara mekanik dengan coil C1 dan hasilnya menunjukkan temperatur oli.

Coil C2 dihubungkan dengan satu kaki jembatan yaitu untuk kompensasi perubahan temperatur di sekeliling indikator. Skala penunjukkan yang sudah di kalibrasikan pada indikator berkisar antara 25C sampai 150°C.

CYLINDER HEAD TEMPERATURE INDICATOR

Instrumen ini dipakai untuk mengukur temperatur kepala silinder dan Barrel (silinder Block) pada engines berpendingin udara.

Dua buah kawat dari bahan yang berbeda yang disambungkan pada masing - masing ujungnya dengan las hingga membentuk loop akan menghasilkan perbedaan tegangan apabila terjadi perbedaan temperatur antara kedua ujung tersebut; hasilnya sebagai arus listrik mengalir dari ujung yang lebih tinggi temperaturnya ke ujung yang lebih rendah temperaluruya. Sensing elemen ini disebut termokopel

Gambar prinsip termokopel

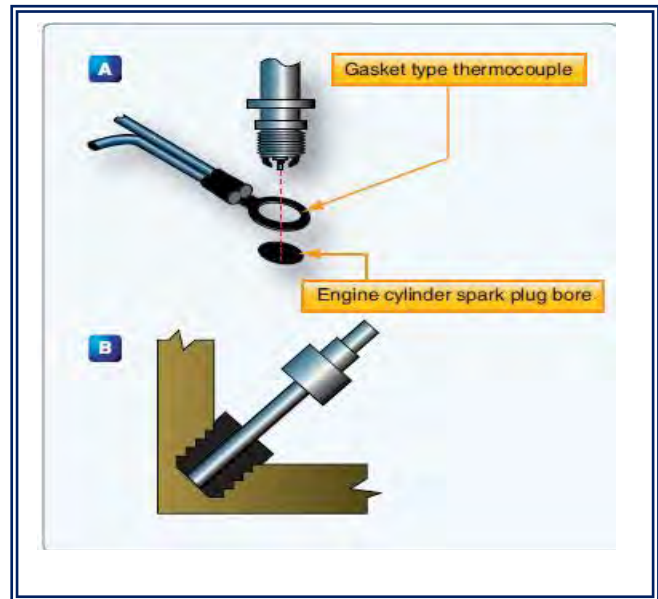
Besarnya tegangan yang dihasilkan tergantung dari jenis logani yang dipergunakan dan besarnya perbedaan temperatur pada kedua ujungnya.

Ujung yang dipergunakan sebagai temperatur sensing disebut hot junction dan ujung yang dihubungkan dengan indikator disebut cold junction. Jenis-jenis kombinasi logam yang biasanya dipakai untuk tenmokopel ini adalah bahan dari copper - constantan, dan bahan chromel – alumel

Cylinder head temperatur indicator terdiri dari sebuah Indicator, termokopel dan termokopel leads (kabel termokopel) seperti terlihat pada gambar

Gambar   Cylinder Head Temperatur Indicator

Termokopel ini pada umumnya dipasangkan pada master,silinder untuk radial engines, atau pada cylinder yang mendapat pendinginan paling sedikit (silinder paling belakang).

Untuk indikatornya bisa mempergunakan tipe moving coil atau moving magnet. Indikator pada gambar adalah tipe moving coil. Coil tersebut apabila mendapat arus listrik dari hasil perbedaan temperatur antara hot-junction dan cold junction bergerak berputar membawa pointer dan untuk mengimbangi gerakan ini dipergunakan dua buah phosphor bronze spring (control spring) agar supaya pointer berhenti menunjuk pada posisi tertentu apabila kedua gaya yang herlawanan antara coil dan spring dalam keadaan seimbang, dan spring ini juga berguna sebagai penghantar arus ke coil; skala penunjukan berkisar antara 0 sampai 350°C.

Mekanisme ini ditempatkan pada kotak bakelit (bakelite case) dan ditutup dengan static shield thermocouple lead dibuat dari bahan besi (iron) dan constantan (campuran tembaga dan nikel).

Thermocouple leads ini mempunyai panjang yang standar yaitu 15 feet, 25 feet dan 30 feet dan masing-masing mempunyai standar tahanan sebesar 2 Ohm. Untuk mendapatkan tahanan yang seragam dengan panjang yang berbeda maka dipakai kabel yang

ukurannya berbeda pula, yaitu untuk lead 15 feet dipergunakan kawat (wire) no. 16, lead 25 feet mempergunakan no. 14 dan untuk yang 35 feet digunakan no. 12.

Leads (kabel-2) ini di isolasi dan mempunyai terminal yang baik untuk menghubungkan kedua ujungnya.

Untuk mendapatkan penunjukan temperatur yang sebenarnya, maka perlu dikompensasikan terhadap perubahan temperatur pada cold junction. Hal ini bisa diatasi dengan mempergunakan bimetallic spiral Spring dimana ujung luarnya dipasangkan pada salah satu control spring dari indikator, dan dengan demikian indikator ini tidak hanya digerakkan oleh voltage dari termokopel, akan tetapi juga oleh temperatur sekeliling indikator itu sendiri.

Pemasangan termokopel untuk silinder head temperature indicator adalah pada spark-plug (busi) yang disebut gasket type thermocouple dan dibuatkan lobang tersendiri pada kepala silinder untuk bayonet type thermokopel

EXHAUST GAS TEMPERATURE INDICATOR.

EGT. (Exhaust Gas Temperature) adalah suatu factor yang kritis dalam operasi suatu motor turbin, sehingga sangat penting untuk mengetahui temperatur gas dalam engine selama engine tersebut bekerja.

Gambar tampilan

Apabila EGT naik melebihi limit tertentu, makaakan menyebabkan kerusakan yang serius pada komponen-komponen dari engine. Dengan alasan-alasan tersebut di atas, maka EGT indikator dipasangkan untuk dapat memonitor temperatur dari exhaust gas.

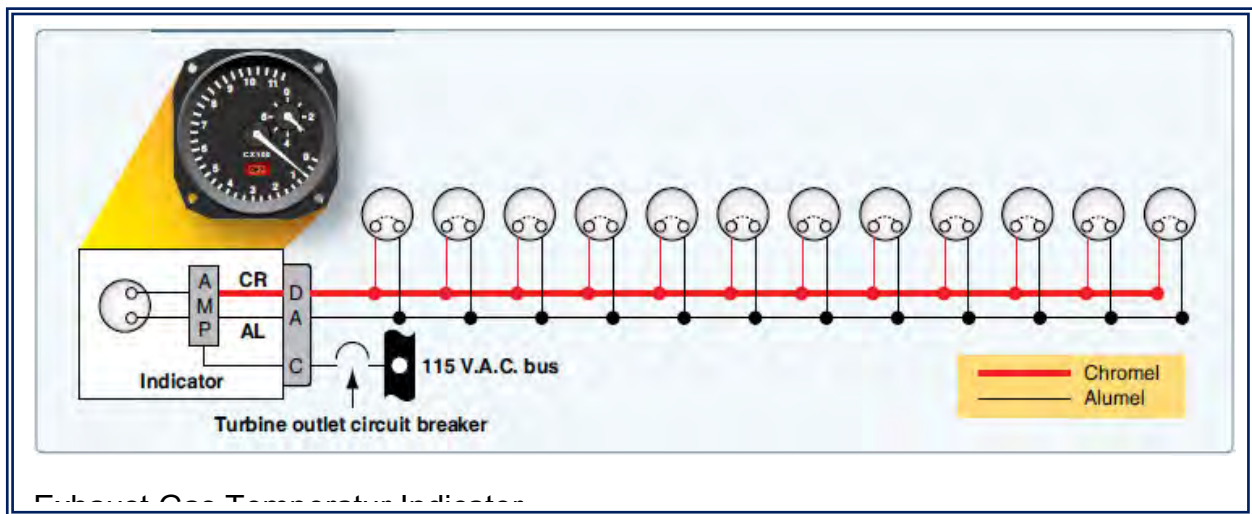
Sistem petunjukan EGT memberikan penunjukan temperatur yang dapat dilihat di dalam kokpit, dimana pengukuran Temperatur inidiambil dari temperatur gas setelah meninggalkan turbin. (Turbine Outlet Temperatur disingkat menjadi TOT) pada suatu jenis motor turbin ada kalanya pengukuran temperatur ini diambil dari temperatur gas sebelum memasuki turbin. (Turbine Inlet Temperature) yang disingkat dengan TIT.)

Sistim penunjukan yang umum dipakai adalah TOT, karena sistim TIT mempunyai kerugian-kerugian seperti : jumlah termokopel yang dibutuhkan lebih banyak dan temperatur sekeliling di mana termokopel tersebut ditempatkan lebih tinggi.

Beberapa termokopel dipasang di sekeliling rumah turbin dan ditempatkan pada jarak tertentu satu sama lainnya, di mana rangkaian termokopel ini dihubungkan secara paralel satu sama lain, yaitu untuk mendapatkan Temperatur rata-rata pada masing-masing termokopel atau dengan kata lain temperatur rata-rata dari exhaust gas yang telah melewati turbin.

Pada gambar tampak penempatan termokopel pada salah satu jenis motor turbin dan gambar adalah termokopelnya sendiri. Termokopel-termokopel ini mengukur EGT dalam millivolt, yaitu hasil dari perbedaan temperatur pada hot junction dan coil junction dan kemudian arus listrik tersebut dialirkan ke indikator melalui resistor yang dapat di-ubah-ubah tahanannya.

Resistor termokopel ini ditempatkan dibagian belakang instrumen dalam indikator, dihubungkan seri dengan rangkaian termokopel yang dipergunakan menyetel tahanan rangkaian untuk mendapatkan sensitivitas dan ketepatan yang maximum.Untuk indikatornya dapat dipergunakan moving coil instruumn atau moving magnet instrumen.

Hubungan antara termokopel dan indicator yang dapat menunjukkan temperatur hingga 1000°C terlihat pada gambar

c. **Rangkuman**

- **Fungsi Oil Temperature Indicator**: untuk mengukur suhu oli

- **Prinsip kerja Oil Temperature Indicator**
  Perubahan temperature pada probe akan mengakibatkan keseimbangan pada jembatan berubah, sehingga arus listrik akan mengalir dan kaki jembatan yang mempunyai resistance lebih kecil ke coil C1 dan besar kecilnya arus yang mengalir akan tergantung dari besarnya ketidak-seimbangan pada jembatan, hal ini akan menentukan besar kecilnya defleksi dari pointer yang dihubungkan secara mekanik dengan coil C1 dan hasilnya menunjukkan temperatur oli.

  Coil C2 dihubungkan dengan satu kaki jembatan yaitu untuk kompensasi perubahan temperatur di sekeliling indikator. Menjelaskan menjelaskan fungsi Cylinder Head Temperature Indicator

- **Cylinder head temperatur indicator**
  Instrumen ini dipakai untuk mengukur temperatur kepala silinder dan Barrel (silinder Block) pada engines berpendingin udara

- **Pengertian termokopel**
  Dua buah kawat dari bahan yang berbeda yang disambungkan pada masing - masing ujungnya dengan dilas hingga membentuk loop akan menghasilkan perbedaan tegangan apabila terjadi perbedaan temperatur antara kedua ujung tersebut; hasilnya sebagai arus listrik mengalir dari ujung yang lebih tinggi temperaturnya ke ujung yang lebih rendah temperaluruya

- **EGT (Exhaust Gas Temperature)** memberikan penunjukan temperatur yang dapat dilihat di dalam kokpit, dimana pengukuran Temperatur inidiambil dari temperatur gas setelah meninggalkan turbin (Turbine Outlet Temperatur

d. Tugas

1) Apa yang dimaksud dengan temperature probe ?
2) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *"thermocouple" !*
3) Pada Cylinder head temperature indicator, Dimana thermokopel yang berbentuk cincin dipasang ?

e. Tes formatif

1) Jelaskan prinsip kerja "*cylinderHead temperature indicator" !*
2) Jelaskan apa yang dimaksud dengan "*Exhaust Gas Temperature*" !
3) Jelaskan prinsip kerja "*oil temperature indicator*" !

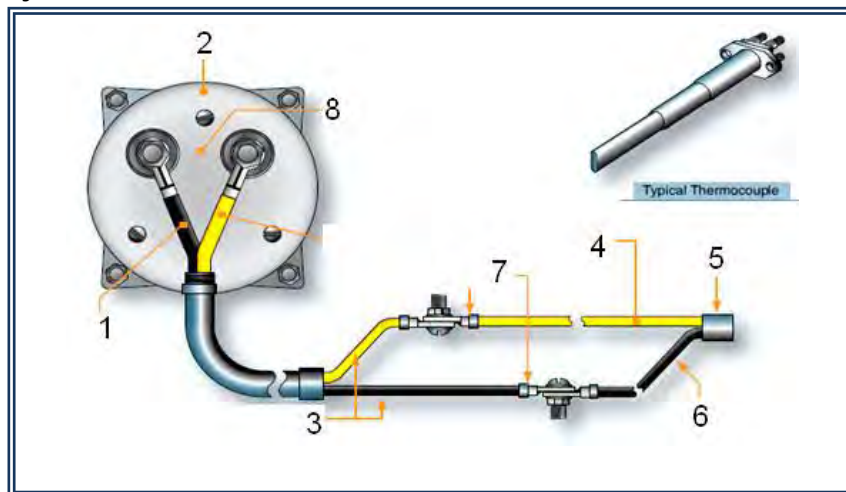
f. Kunci jawaban tes formatif

1) **Cylinder head temperatur indicator**
   Instrumen ini dipakai untuk mengukur temperatur kepala silinder dan Barrel (silinder Block) pada engines berpendingin udara, instrumen ini bekerja dengan menggunakan

termokopel, dimana termokopelnya (hot junction) dipasang pada busi, sedang indicatornya sebenarnya sebuah pengukur tegangan yang sudah dikalibrasi menjadi besaran suhu.

2) **EGT (Exhaust Gas Temperature)** memberikan penunjukan temperatur yang dapat dilihat di dalam kokpit, dimana pengukuran Temperatur inidiambil dari temperatur gas setelah meninggalkan turbin. (Turbine Outlet Temperatur disingkat menjadi TOT)

3) **Prinsip kerja Oil Temperature Indicator**
Perubahan temperature pada probe akan mengakibatkan keseimbangan pada jembatan berubah, sehingga arus listrik akan mengalir dan kaki jembatan yang mempunyai resistance lebih kecil ke coil C1 dan besar kecilnya arus yang mengalir akan tergantung dari besarnya ketidak-seimbangan pada jembatan, hal ini akan menentukan besar kecilnya defleksi dari pointer yang dihubungkan secara mekanik dengan coil C1 dan hasilnya menunjukkan temperatur oli.
Coil C2 dihubungkan dengan satu kaki jembatan yaitu untuk kompensasi perubahan temperatur di sekeliling indikator. Menjelaskan menjelaskan fungsi Cylinder Head Temperature Indicator

g. Lembar kerja siswa

No	Nama komponen	fungsi
1		
2		
3		
4		
5		
6		

7		
8		

11. Pembelajaran kesebelas

a. Tujuan pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menjelaskan menjelaskan pengertian : Oil pressure indicator, Fuel pressure indicator, Hydraulic pressure indicator, pressure switch
- Menjelaskan menjelaskan prinsip kerja Oil pressure indicator
- Menjelaskan menjelaskan prinsip kerja Fuel pressure indicator
- Menjelaskan menjelaskan prinsip kerja Hydraulic pressure indicator
- Menjelaskan menjelaskan prinsip kerja pressure switch

b. Uraian materi

OIL PRESSURE INDICATOR

Oil pressure indicator diperlukan pada pesawat terbang supaya kita dapat mengetahui besarnya tekanan oli yang dipergunakan untuk melumasi bearings (bantalan) dan bagian-bagian engine yang bergerak.Pengukuran oli ini dilakukan dengan menggunakan Bourdon Tube. Indikator Bourdon Tube dihubungkan dengan sumber tekanan ili di engine dengan pipa kecil yang terbuat dari logam. Gambar dibawah ini menunjukkan konstruksi bagian dalam dari suatu oil pressure indicator dengan mekanisme Bourdon Tube.

Dengan menggunakan lever, sector gear dan pinion untuk memutar pointer kita dapat mengetahui besarnya tekanan dengan melihat posisi pointer pada dial yang angka-angkanya sudah dikalibrasikan menjadi satuan tekanan dalam psi atau .

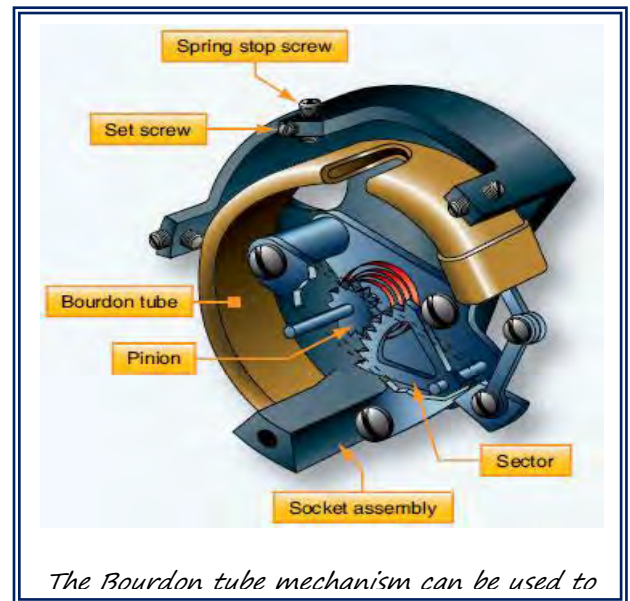
Di dalam waktu yang tekanan oli ini mengalami penurunan dan penambahan dalam waktu yang relatif singkat, hal ini disebabkan karena pressure regulator yang bekerjanya membuka dan menutup, sehingga pointer pada indikator memberikan penunjukkan yang fluctuate (bergetar).

The Bourdon tube mechanism can be used to

Untuk menghindari penunjukkan yang bergetar ini dipasang suatu alat yang dinamakan ORIFICE dan ditempatkan sebelum indikator.

Orifice ini merupakan suatu lubang kecil yang berfungsi sebagai restrictor.Apabila tekanan dalam sistem bergetar maka orifice ini meredam getaran tersebut, sehingga tekanan oli yang masuk kedalam bourdon tube tidak mengalami getaran.

Selain mencegah penunjukkan yang bergetar, orifice ini juga dimaksudkan untuk mencegah terlalu banyaknya oli yang hilang apabila terjadi kebocoran pada indikatornya.

Untuk mengetahui apakah indikator ini masih baik atau tidak, maka perlu dikalibrasi penunjukkannya, yaitu dengan menggunakan tester yang dinamakan “DEAD WEIGHT TESTER”

FUEL PRESSURE INDICATOR

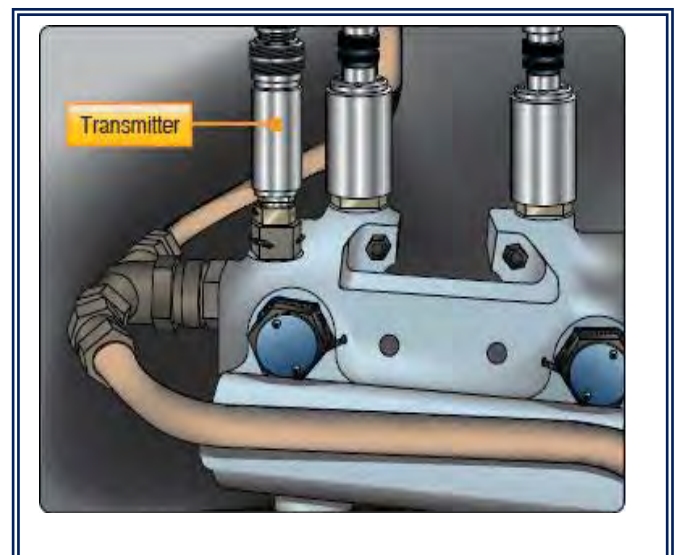
Fuel pressure indicator adalah suatu pressure differential instrument yang mekanisme indikatornya dapat mempergunakan Bourdon tube ataupun belows. Indikator ini juga dapat menggunakan sistem langsung atau tidak langsung seperti halnya oil pressure indicator, di mana transmitternya berupa kapsul atau diafragma. Rumah instrumen ini dihubungkan dengan udara luar (dengan tekanan atmosfir) sehingga penunjukan pada dial adalah merupakan perbedaan tekanan dalam sistem bahan bakar dengan tekanan atmosfir pada setiap ketinggian.

Instrumen ini berguna untuk memberikan peringatan kepada pilot kegagalan operasi engine akibat kerusakan pada sistem bahan bakar dan juga memberikan penunjukan bahwa bahan bakar mengalir normal dengan tekanan yang konstan ke karburator sebelum pesawat tinggal landas (take-off) dan juga memberikan tanda-tanda adanya gangguan aliran bahan bakar dari sistem hingga karburator. Konstruksi bellows yang dipergunakan sebagai mekanisme penggerak. pada sistem penunjukan langsung tertera seperti pada gambar dan sebagai penggerak pointer dipergunakan mekanisme konvensional.

Dalam gambar juga terdapat tipe suatu fuel pressure indicator dimana dua sistem tekanan digabung menjadi satu tempat, akan tetapi pointer maupun mekanismenya terpisah untuk masing-masing sistem. Instrumen jenis ini biasanya dipergunakan pada pesawat yang mempunyai engine lebih dari satu (multi engine) Seperti fuel pressure indicator untuk engine No. 1 dan engine No. 2, atau engine kiri dan engine kanan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi berat instrumen secara keseluruhan dan juga untuk menghemat tempat dalam kokpit Fuel pressure indicator sistem tidak langsung umumnya transmitternya ditempatkan pada Firewall dari pesawat, sehingga mengurangi bahaya kebakaran dalam kokpit apabila terjadi kebocoran pada.instrumen

HYDRAULIC PRESSURE INDICATOR

Mekanisme yang dipakai untuk menaikkan dan menurunkan landing gear (roda pendarat) atau flaps dan brakes pada kebanyakan pesawat terbang besar dipergunakan sistem hidrolik, dengan demikian diperlukan penunjuk tekanan untuk dapat memberikan indikasi berfungsi tidaknya sistem hidrolik tersebut. Hydraulic pressure indicator di disain untuk memberikan indikasi tekanan pada seluruh sistem atau tekanan masing-masing unit pada sistem.

Instrrumen tekanan hidrolik ini pada umumnya mempergunakan mekanisme Bourdon tube seperti terlihat pada gambar. Bisa juga menggunakan sensor tekanan yang dipasang pada sistem hidrolik dimana tekananya diukur , selanjutnya besaran tekanan dikonversi menjadi besaran listrik terus dilanjutakan ke cockpit untuk penunjukan dan kemampuan menunjukkan tekanan bisa mencapai 2000 psi. Sumber tekanan untuk sistem hidrolik ini di hasilkan dari pompa hidrolik yang diputar oleh engine atau diputar oleh suntu motor listrik. Pada beberapa pesawat dipergunakan accumulator untuk mempertahankan sistem dalam keadaan bertekanan, sehingga indikator akan terus menunjuk, sedangkan pada sistem yang hanya membutuhkan tekanan selama bekerja maka, indikatornya hanya menunjuk selama sistem hidrolik digunakan

MANIFOLD PRESSURE INDICATOR

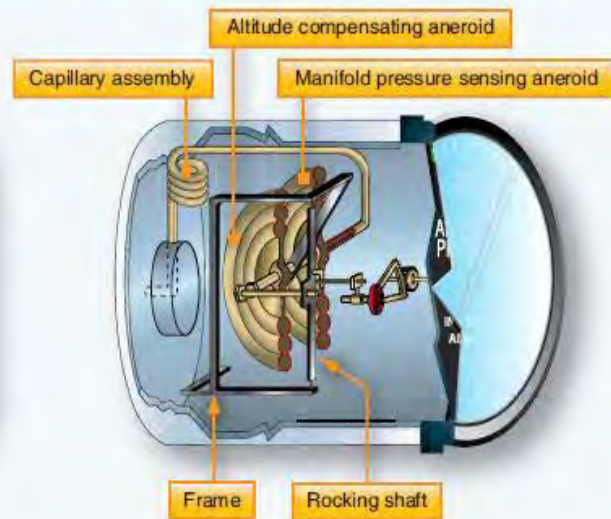
Manifold pressure indicator adalah salah satu instrumen yang sangat penting pada pesawat terbang yang mempergunakan motor piston, karena tenaga Yang dihasilkan oleh motor piston akan sebanding dengan banyaknya campuran bahan bakar dan udara untuk pembakaran.

Jumlah massa campuran ini sangat sulit diukur dari yang dapat dipakai sebagai referensi adalah mengukur besarnya tekanan absolut di dalam intake manifold sebelum intake valve (klep masuk).

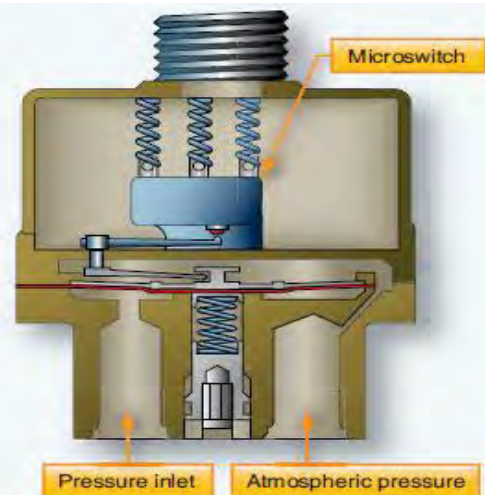
Gambar memperlihatkan skema dari salah satu tipe manifold pressure indicator. Lobang pada bagian belakang dari rumah instrumen ini adalah tempat untuk menghubungkan manifold dan indikatornya melalui pipa kapiler. Indikator ini terdiri dari aneroid capsule dan linkage (batang penghubung) untuk meneruskan gerakan dari capsule ke pointer dengan skala pengukuran pada dial dalam inch Hg. Tekanan manifold masuk ke capsule melalui *damping tube* (tabung peredam) yang terdiri dari pipa kapiler dengan bentuk melingkar pada bagian belakang rumah instrumen. Damping tube ini berguna sebagai pengaman yaitu untuk mencegah kerusakan instrumen akibat terjadinya *back firing* pada engine.

Selama engine tidak berputar, manifold pressure indicator memberikan penunjukan tekanan barometer setempat dan apabila engine berputar idling tekanan pada manifold lebih rendah dari tekanan barometer setempat (kira-kira 12 sampai 15 inch Hg). Semakin jauh throttle dimajukan ke depan, maka semakin banyak campuran bahan bakar dan udara yanng masuk ke dalam intake manifold dan akibatnya tekanan manifold semakin besar.

Engine yang tidak mempergunakan supercharger mempunyai tekanan manifold, yang selalu lebih rendah dari tekanan atmosfir meskipun pada maximum power, sedangkan supercharger engine tekanan manifold bisa melebihi tekanan atmosfir, kerusakan manifold pressure indicator biasanya terjadi pada mekanismenya yang patah, bengkok, dsb (pointer tidak bisa bergerak), sehingga harus diganti dengan instrumen yang masih baik.

Adakalanya instrumen ini memberikan penunjukan tetapi tidak telili, kemungkinannya adalah adanya kebocoran pada pipa atau kapsulnya sendiri. untuk mengetahui kebocoran ini dimasukkan udara bertekanan melalui pipa penghubung hingga pointer menunjukkan tekanan 50 inch Hg, kemudian pipa penghubung tadi ditutup dan apabila tekanannya berkurang hingga mencapai tekanan atmosfir maka ini menunjukkan adanya kebocoran dan dengan demikiau dapat ditelusuri di bagian mana yang bocor.

An analog manifold pressure indicator instrument dial calibrated in inches of mercury (left).

PRESSURE SWITCH.

Sangat penting bagi pilot untuk segera mengetahui sistem (fuel. oli, hydrolic dsb) dari pesawat dalam keadaan bahaya, pada situasi demikian; sebagian sistem pesawat mempergunakan pressure switch sebagai alat untuk memberikan peringatan (warning) apabila tekanan di dalam sistem terlalu rendah atau terlalu tinggi. Pada umumnya lampu-lampu peringatan ditempatkan di instrument panel sebagai indikasi dan ada juga yang mempergunakan signal suara (audible signal) sebagai indikasi di kokpit atau kedua-duanya. Pressure switch adalah suatu mekanisme yang digerakkan tekanan untuk membuka atau menutup kontak-kontak listrik (electrical switches) sesuai dengan keadaan tekanan di dalam system. Gambar menunjukkan salah satu pressure switch yang dipergunakan untuk memberikan indikasi peringatan (warning) apabila fuel pressure rendah Pressure port dihubungkan dengan pressure inlet dari karburator atau fuel control unit dan vent port ke udara luar.Fuel pressure berada pada bagian bawah diaphragma ini bergerak; gerakan ini diteruskan oleh batang penggerak (actuating arms) untuk menggerakkan micro switch membuka atau menutup.

c. Rangkuman

- **Oil pressure indicator** diperlukan pada pesawat terbang supaya kita dapat mengetahui besarnya tekanan oli yang dipergunakan untuk melumasi bearings (bantalan) dan bagian-bagian engine yang bergerak.

- **Oil pressure indicator** prinsip kerjanya menggunakan Bourdon Tube. Indikator Bourdon Tube dihubungkan dengan sumber tekanan ili di engine dengan pipa kecil yang terbuat dari logam

- **Fuel pressure indicator** adalah suatu pressure differential instrument yang mekanisme indikatornya dapat mempergunakan Bourdon tube ataupun belows

- **Fuel pressure indicator** berguna untuk memberikan peringatan kepada pilot kegagalan operasi engine akibat kerusakan pada sistem bahan bakar dan juga memberikan penunjukan bahwa bahan bakar mengalir normal dengan tekanan yang konstan ke karburator

- **Instrrumen tekanan hidrolik** ini pada umumnya mempergunakan mekanisme Bourdon tube seperti terlihat pada gambar. Bisa juga menggunakan sensor tekanan yang dipasang pada sistem hidrolik dimana tekananya diukur , selanjutnya besaran tekanan dikonversi menjadi besaran listrik terus dilanjutakan ke cockpit untuk penunjukan

- **Manifold** pressure indicator adalah salah satu instrumen yang sangat penting pada pesawat terbang yang mempergunakan motor piston, karena tenaga Yang dihasilkan oleh motor piston akan sebanding dengan banyaknya campuran bahan bakar dan udara untuk pembakaran.
  Jumlah massa campuran ini sangat sulit diukur dari yang dapat dipakai sebagai referensi adalah mengukur besarnya tekanan absolut di dalam intake manifold sebelum intake valve

- **Pressure switch** adalah suatu mekanisme yang digerakkan tekanan untuk

d. Tugas

1) Apa yang dimaksud dengan oil pressure indicator ?
2) Untuk menggerakan apa saja system hidrolik pada pesawat udara; khususnya pesawat berbadan besar ?

e. Tes formatif

1) Apa yang dimaksud dengan sensor tekanan hidrolik ?

2) Apa yang dimaksud dengan pressure switch ?dan jelaskan cara kerjanya !

f. Kunci jawaban tes formatif

1) sensor tekanan yang dipasang pada sistem hidrolik dimana tekananya diukur , selanjutnya besaran tekanan dikonversi menjadi besaran listrik terus dilanjutakan ke cockpit untuk penunjukan

2) **Pressure switch** adalah suatu mekanisme yang digerakkan tekanan untuk membuka atau menutup kontak-kontak listrik (electrical switches) sesuai dengan keadaan tekanan di dalam system, cara kerjanya

g. Lembar kerja siswwa

12. Pembelajaran keduabelas

a. Tujuan pembelajaran

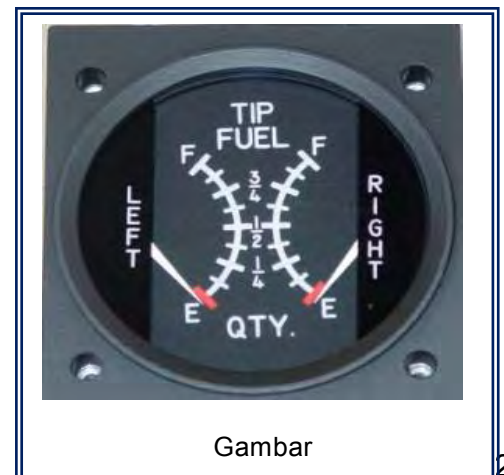
Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menjelaskan fungsi Fuel quantity indicator
- Menjelaskan prinsip kerja direct reading Fuel quantity indicator
- Menjelaskan prinsip kerja DC electrical Fuel quantity indicator
- Menjelaskan prinsip kerja Capacitor Fuel quantity indicator
- Menjelaskan prinsip kerja Fuel flowmeter
- Menjelaskan prinsip kerja Torquemeter

b. Uraian materi

FUEL QUANTITY INDICATOR

Pengertian Fuel Quantity Indicator

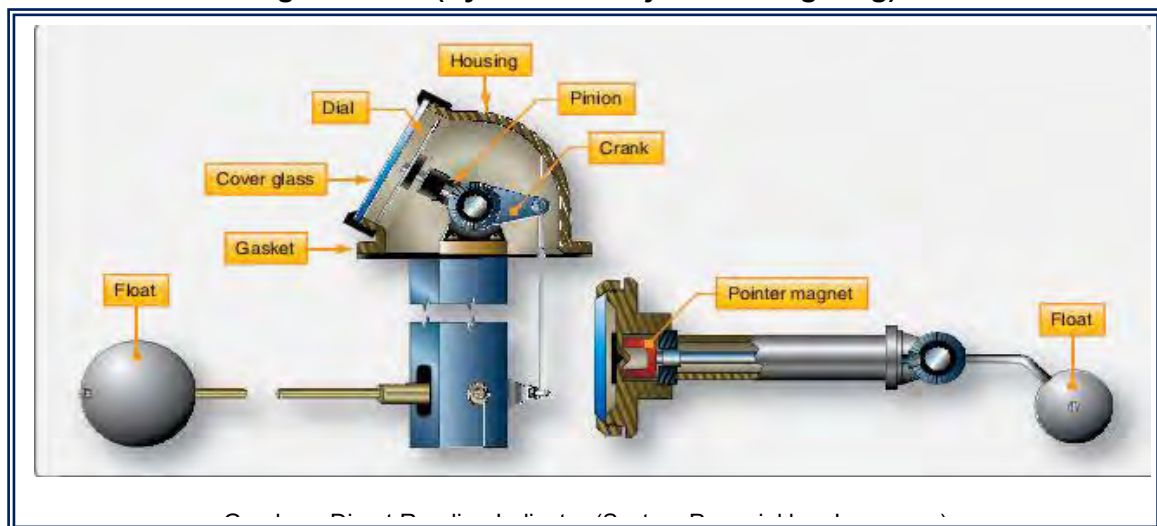
Fuel quantity indicator adalah suatu instrument penunjuk jumlah bahan bakar pada pesawat udara.Untuk operasi pesawat terbang, penunjukkan jumlah bahan bakar yang tepat setiap saat di dalam tangki sangat diperlukan agar penerbangan dapat mengoperasikan pesawatnya sesuai dengan jumlah bahan bakar yang ada. Penunjukan jumlah ini biasa dalam satuan volume atau satuan berat, akan tetapi umumnya

Gambar

mempergunakansatuan berat, karena mempunyai dua keuntungan, yaitu:

1) Satuan berat mengukuri jumlah bahan bakar yang sebenarnya dapat dipakai untuk operasi suatu engine dimana satuan berat tidak dipengaruhi oleh density (kepadatan) dan temperatur.

2) Bahan bakar dapat langsung memberikan figur dalam gross weight (berat keseluruhan) dari suatu pesawat.

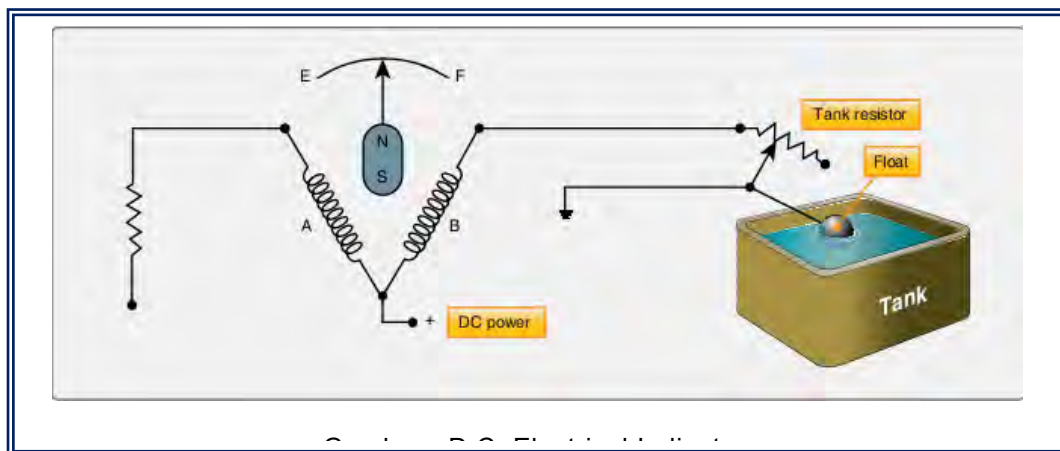
Ada beberapa tipe Fuel Quantity Indicator;

Direct Reading Indicator (System Penunjukkan Langsung)

Sistem ini merupakan sistem yang paling sederhana.Sistem ini menggunakan pelampung yang bergerak naik turun di atas permukaan bahan bakar di dalam tangki sebagai penggerak bevel gear untuk memutar magnet. Pada ujung lainnya di luar tank terdapat pointer yang juga terbuat dari magnet, sehingga pergerakan dari magnet di dalam tank yang sesuai dengan tinggi rendahnya permukaan bahan bakar akan diikuti oleh pointer dan memberikan penunjukkan jumlah bahan bakar di dalam tank.

D.C. Electrical Indicator

Terdiri dari pelampung, transmitting arm dan resistor.Pelampung bergerak naik turun sesuai dengan tinggi rendahnya permukaan bahan bakar di dalam tank, gerakan ini diteruskan oleh transmitter arm untuk menunjukkan besar kecilnya harga dari resistor.

Indicator yang digunakan adalah suatu moving magnet instrument. Perubahan jumlah bahan bakar di dalam tank akan mengakibatkan perubahan harga tahanan dari transmitter, sehingga menyebabkan perubahan besar arus yang mengalir melalui coil A dan B pada

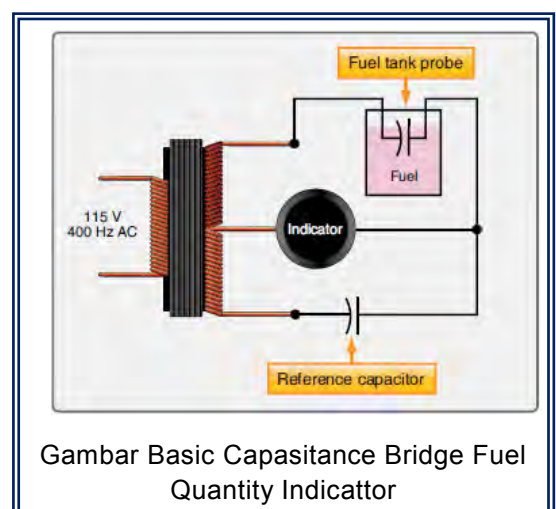
indicator. Besar kecilnya arus pada coil tersebut akan menentukan besar kecilnya medan magnet yang timbul. Permanen magnet yang jadi satu dengan pointer akan bergerak ke arah coil yang mempunyai medan magnet lebih besar.

Pada keadaan kosong maka harga tahanan transmitter lebih besar dari tahanan R, arus listrik melalui coil A lebih besar, sehingga pointer bergerak ke arah E (Empty).

Dalam keadaan setengah penuh, harga tahanan transmitter sama besar dengan R, sehingga arus listrik pada kedua coil mengalir sama besar , medan magnet yang timbul juga sama besar dan akibatnya posisi pointer berada di tengah-tengah. Apabila tank diisi penuh, maka harga tahanan transmitter lebih kecil dari R, arus listrik yang mengalir melalui coil B lebih besar dan medan magnet yang timbul juga mengalir lebih besar, akibatnya pointer mengarah ke F (Full) dan satuan volume (gallon atau liter).

Kerugian dari sistem ini:

- Tank transmitter mempunyai komponen-komponen bergerak, hal ini dapat menyebabkan bahaya, khususnya kontak antara transmitter arm dan resistor yang dialiri arus listrik (bahaya percikan bunga api).
- Penunjukkan tidak tepat dengan perubahan posisi dari pesawat.
- Ekspansi bahan bakar di dalam tank akibat pertambahan temperature menjadikan penunjukkan inikator bertambah yang sebenarnya tidak tambah.

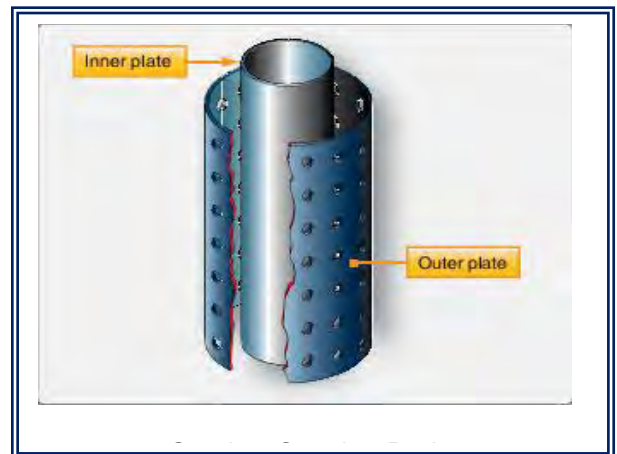
Capacitor Fuel Quantity Indicator

Dalam evolusi pengukuran jumlah bahan bakar, capacitance bridge sistem mempunyai banyak keuntungan. Pada prinsipnya capasitance bridge adalah sebuah balanced circuit (Rangkaian keseimbangan), terdiri dari : Inductor A-B,

Gambar Basic Capasitance Bridge Fuel Quantity Indicattor

Capasitor C_1,inductor B-C, Capasitor C_2, dan indikator.

Apabila harga dari kedua inductor dan kedua capasitor sama besar, maka jembatan tersebut dalam keadaan seimbang (balanced), karena phase dari kedua rangkaian ini adalah 180 derajat satu sama lain, akibatnya tidak akan ada arus listrik yang mengalir melalui indikator. Kapasitas dari suatu capasitor tergantung pada:

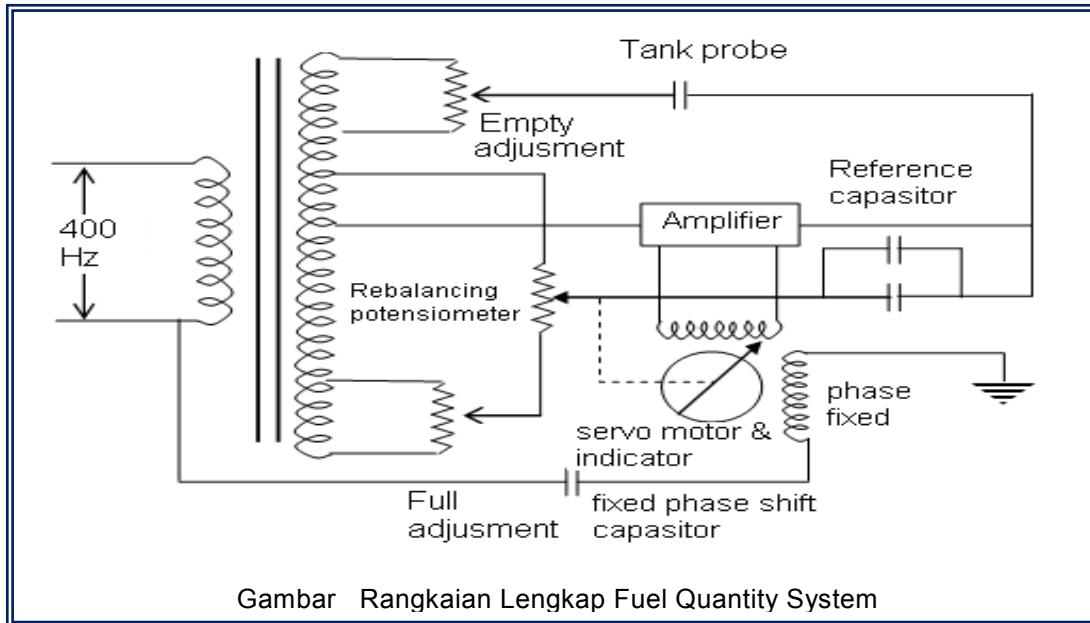
- Luas permukaan dari plat capacitor. (A)
- Jarak antar kedua plat. (d)
- Besarnya dielektric constant (dielektrik konstanta) dari media pemisah kedua plat tersebut. (e)

Capasitor ini yang dipakai untuk pengukuran jumlah bahan bakar dibuat dari dua buah plat atau lebih yang dibentuk melingkar berbentuk silinder (disebut dengan sensing probe) dimana plat bagian luar berlubang-lubang sehingga bahan bakar diantara kedua plat dan di luar lingkaran saling berhubungan.

Luas permukaan dari plat dan jarak antar kedua plat tersebut adalah tetap, jadi hanya dielektrik konstanta yang dapat berubah.

Udara adalah sebagai dielektrik pemisah apabila tank dalam keadaan kosong, dimana konstanta-nya satu, dan bahan bakar sebagai dielektrik pemisah pada saat tank penuh dengan dielektrik konstant-nya kira-kira dua.

Apabila tank terisi penuh, probe akan mempunyai kapasitansi yang jauh lebih besar daripada waktu tank dalam keadaan kosong, dan pada setiap keadaan dari isi tank antara penuh dan kosong akan memberikan suatu perubahan kapasitansi yang bertautan.

Apabila kapasitas dari probe berubah karena perubahan permukaan bahan bakar, amplifier akan menerima signal bahwa jembatan tidak seimbang. Amplifier akan memperbesar signal tersebut, yaitu untuk memberikan energi listrik yang cukup pada satu gulungan (variable phase winding) dari servo motor dua phase pada indikator dan gulungan satunya lagi yang disebut dengan fixed phase winding mendapat arus listrik yang selalu konstan pada transformer dari rangkaian jembatan, akan tetapi Phase-nya dipindahkan 90^0C dengan menggunakan capacitor dihubungkan seri. Servo motor ini tidak hanya memutar pointer, melainkan juga menggerakkan rebalancing potentiometer agar supaya pointer berhenti menunjuk pada posisi yang tepat setelah jembatan seimbang.

Gambar Rangkaian Lengkap Fuel Quantity System

Cara penyetelan :

- Pertama : Tank dikosongkan, kemudian empty adjustment potentiometer digerakkan hingga indicator menunjuk pada posisi empty.
- Kedua : Tank diisi penuh, kemudian full adjustment potentiometer digerakkan hingga indicator menunjuk pada posisi full.

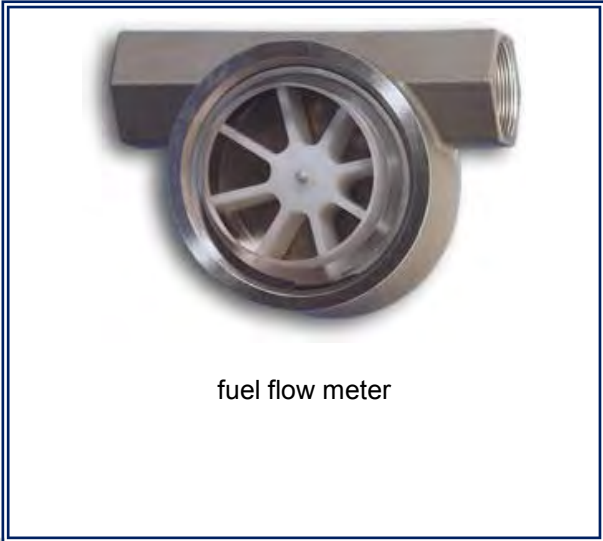
Fuel flowmeter dipergunakan untuk menunjukkan pemakaian hahan bakar selama engine bekerja dalam satuan lbs/jam atau Kg/jam. Instrumen ini pada umumnya dipergunakan pada pesawat-pesawat multi engine yang besar, akan tetapi pada pesawat-pesawat kecil juga kadang-kadang dapat kita

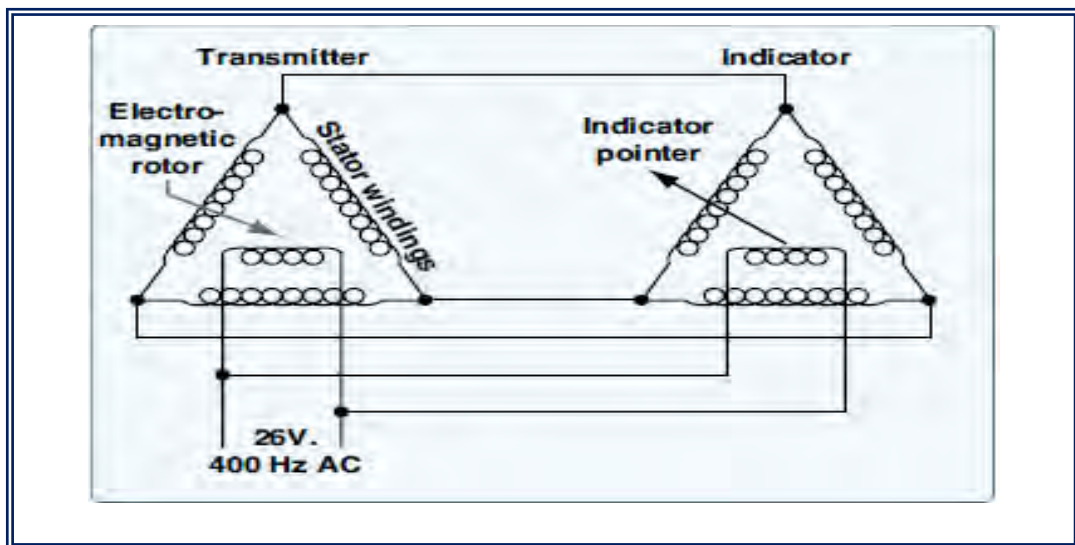
jumpai.

Prinsip Kerja:

Suatu tupical fuel low meter yang dipergunakan pada piston engine terdiri dari sebuah flowmeter transmitter dan sebuah indicator.

fuel flow meter

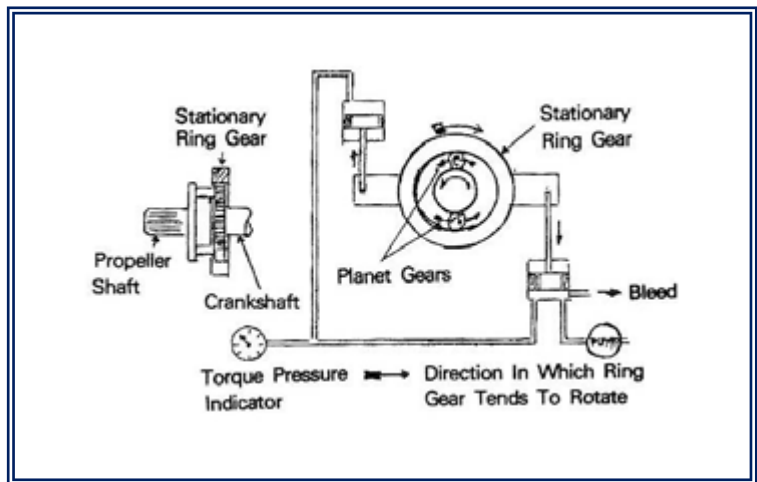
Transmitter ini biasanya dihubungkan dengan saluran bahan bakar yang keluar dari karburator menuju fuel feed valve. Bahan bakar masuk melalui fuel inlet yang

diarahkan pada matering vane, akan mengakibatkan vane bergerak berputar (swing) pada porosnya. Apabila gaya yang timbul akibat aliran bahan bakar sama besar dengan tensi dari spring, maka vane akan berhenti bergerak.

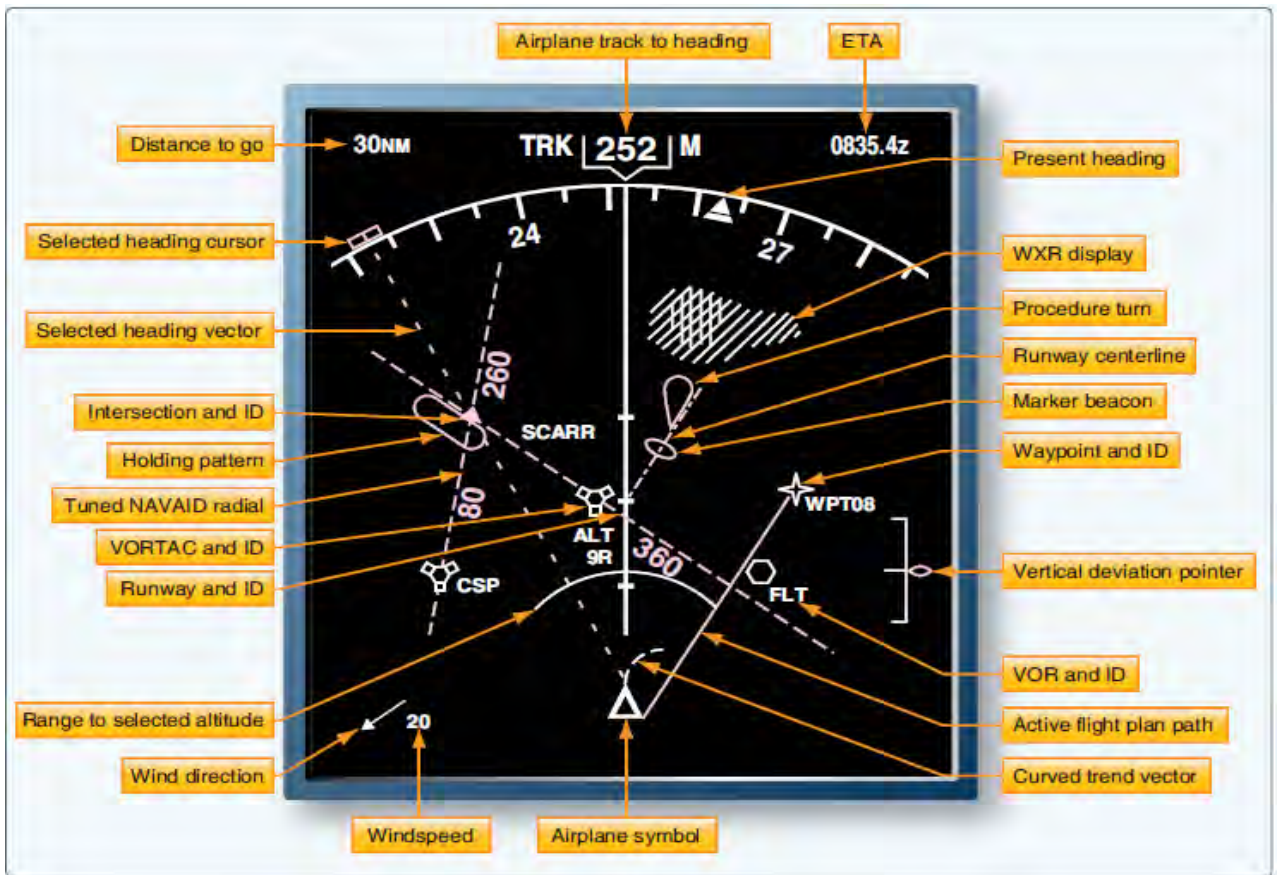
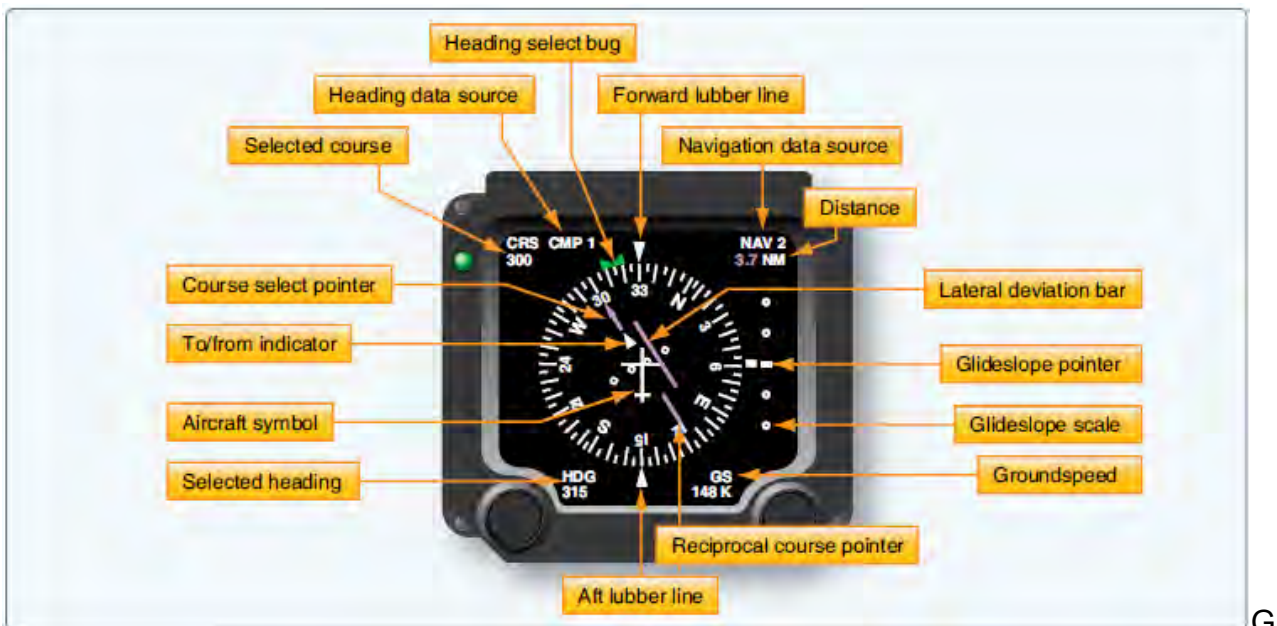
Dengan berubahnya posisi vane akan mengakibatkan perubahan posisi rotor yang dialiri arus listrik di dalam stator yang berupa coil dihubungkan segitiga. Pada *stator* akan timbul signal yang kemudian dikirimkan ke stator dari indicator, sehingga rotor dari indikator akan bergerak sebesar gerakan rotor transmitter dan apabila sudah sama akan berhenti pada posisi tersebut. Rotor dari indikayor ini dipergunakan untuk menggerakkan pointer dan memberikan penunjukkan pada skala yang sudah dikalibrasikan menjadi jumlah bahan baker yang mengalir setiap jam

TORQUE METER

Indikator ini dipergunakan untuk mengetahui tenaga dari suatu engine dengan cara mengukur tekanan yang timbulkan oleh torquemeter system. Torquemeter sistem adalah bagian dari engine itu sendiri yang biasanya terdapat di dalam reduction gear assembly diantara crankshaft (Poros engkol) dan poros propellershaft.(poros baling-baling).

Konstruksi dari sistem ini tergantung dari jenis engine, akan tetapi kerjanya berdasarkan prinsip yang sama, yaitu tendensi berputar beberapa bagian dari reduction gear dilawan (ditahan) oleh piston pada silinder hidrolis (hydraulic cylinder) yang ditempatkan pada rumah gear seperti terlihat

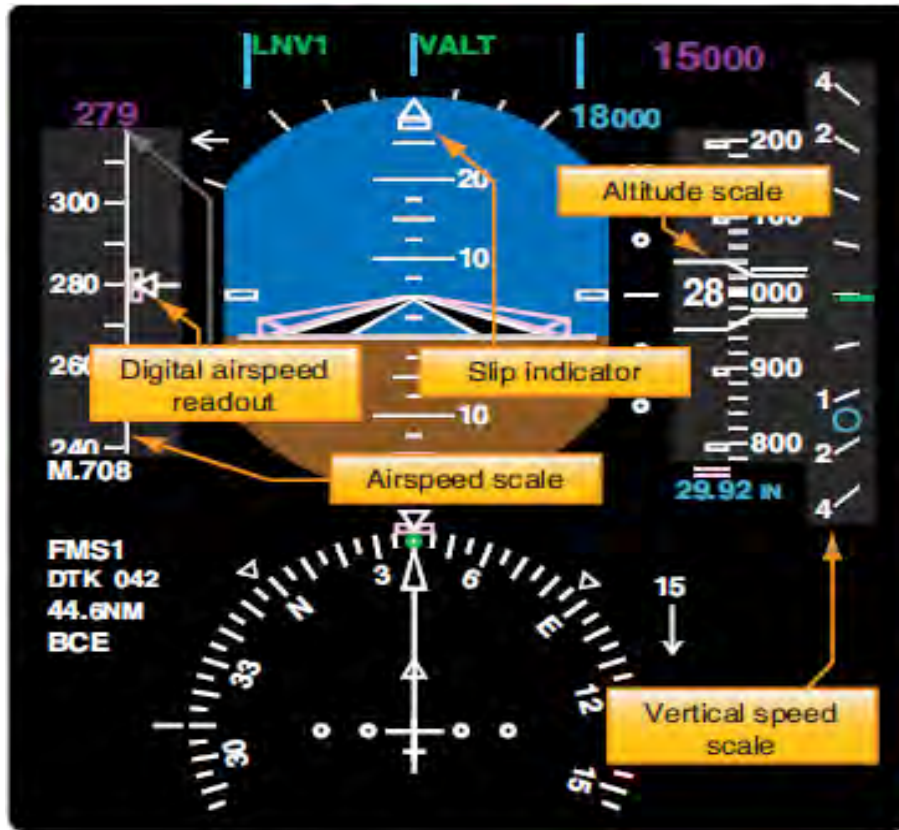
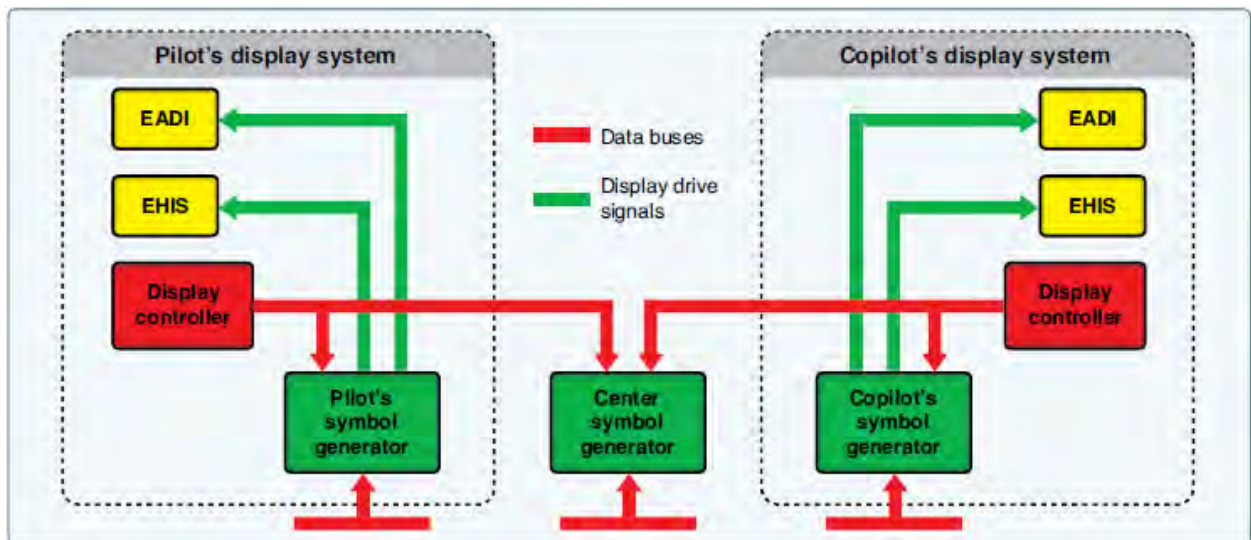
pada gambar Oli dari engine oil system dialirkan ke dalam silinder melalui sebuah pompa torquemeter yang khusus dan menyerap (absorb) beban yang disebabkan gerakan piston.

Oli di dalam silinder menghasilkan tekanan yang sebanding dengan beban atau torque yang ditimbulkan oleh engine, dan tekanan ini dipindahkan ke suatu torque pressure indicator yang terdapat di panel instrumen. Setiap penambahan power dari engine akan mengakibatkan torque bertambah; dengan demikian beban pada piston bertambah dan piston bergerak menutup lobang bleed. Dengan semakin menutupnya lobang bleed, maka tekanan oli di dalam silinder bertambah dan penunjukan pada indikator bertambah. Apabila beban atau torque tersebut sudah seimbang dengan tekanan oli maka piston berhenti bergerak dan gerakan pointer juga berherti pada posisi terakhir ini.

ELECTRONIC FLIGHT INFORMATION SYSTEMS

Dalam upaya untuk meningkatkan keselamatan operasi yang lebih complicated pada pesawat terbang, telah dimasukkan komputer dan sistem komputer. Flight and engine instrument dan pemantauan badan pesawat adalah sangat cocok dan keuntungan dari penggunaan komputer ini sangat membantu mengurangi kerumitan panel instrumen dan memfokuskan perhatian pilot hanya pada hal-hal paling penting .
" “Glass cockpit”" adalah istilah yang mengacu pada penggunaan instrument panel layar datar di kokpit . Pada kenyataannya , juga mengacu pada penggunaan gambar komputer yang diproduksi yang memiliki diganti pengukur mekanis individu. Selain itu , komputer dan sistem komputer memantau proses dan komponen dari sebuah pesawat operasional di luar kemampuan manusia sambil menghilangkan stres pilot dari keharusan untuk melakukannya .
Komputerisasi sistem instrumen penerbangan elektronik memiliki manfaat tambahan . Solid-state sifat komponen meningkatkan keandalan .Juga , mikroprosesor , bus data, dan

An EHSI presents navigational information for the entire flight. The pilot selects the mode most useful for a particularphase of flight, ranging from navigational planning to instrument approach to landing. The MAP mode is used during most of the flight

Gambar . *Approach and VOR mode presentation of an electronic horizontal situation indicator*

LCD semua menghemat ruang dan berat . Sistem berikut telah dikembangkan dan digunakan pada pesawat untuk nomor tahun . Sistem baru dan arsitektur komputer yakin untuk datang di masa depan .

Electronic Flight Instrumen System (EFIS)

Instrumen penerbangan adalah yang pertama untuk mengadopsi komputer teknologi dan memanfaatkan layar datar, multifunctional displays (MFD) . EFIS menggunakan sinyal generator untuk menggerakkan dua menampilkan independen di tengah T. dasar Sikap Indikator dan gyro directional digantikan oleh cathode raytubes (CRT) digunakan untuk menampilkan presentasi EADI dan EHSI .
Instrumen ditingkatkan beroperasi bersama biasa mekanik dan listrik instrumen dengan integrasi yang terbatas .Namun , EADI dan teknologi EHSI sangat diinginkan , mengurangi beban kerja dan memindai panel dengan keamanan tambahan yang disediakan oleh integrasi informasi navigasi seperti yang dijelaskan . Sistem EFIS awal memiliki teknologi analog , sementara baru model mungkin sistem digital . Sinyal generator menerima informasi dari sikap dan peralatan navigasi .melalui pengontrol layar , pilot dapat memilih berbagai modus atau fitur layar yang ingin ditampilkan . independen percontohan berdedikasi dan sistem kopilot normal . Yang ketiga, Generator simbol cadangan tersedia untuk mengasumsikan operasi harus salah satu dari dua unit utama gagal.Penggambaran Elektronik ADI dan informasi HSI inti Tujuan dari sistem EFIS .Ukuran diperluas dan kemampuan lebih dari alat pengukur tradisional memungkinkan untuk integrasi lebih Data instrumen penerbangan. Sebuah skala kecepatan udara vertikal biasanya ditampilkan hanya meninggalkan bidang sikap . Hal ini sama posisi relatif sebagai indikator kecepatan udara di dasar analog T panel instrumen . Di sebelah kanan bidang sikap , banyak Sistem EFIS menampilkan ketinggian dan skala kecepatan vertikal
Karena sebagian EFIS EADI penggambaran termasuk inklinometer tersebut , biasanya bagian dari pergantian koordinator , semua penerbangan dasar instrumen digambarkan oleh layar EFIS . [Gambar dibawah]

Gambar .*An EFIS EADI displays an airspeed scale to theleft of the horizon sphere and an altimeter and vertical speed scaleto the right. The slip indicator is the small rectangle under thedirection triangles at the top. This EFIS display presents all of theflight information in the conventional cockpit basic T.*

Gambar .*A simplified diagram of an EFIS system. The EADI and EHSI displays are CRT units in earlier systems. Modern systems use digital displays, sometimes with only one multifunctional display unit replacing the two shown. Independent digital processors can also be located in a single unit to replace the three separate symbol generators*

c. **Rangkuman**

- **Fuel quantity indicator** adalah suatu instrument penunjuk jumlah bahan bakar pada pesawat udara ,penunjukan jumlah ini biasa dalam satuan volume atau satuan berat, akan tetapi umumnya mempergunakan satuan berat

- **Keuntunganmenggunakan satuan berat** yaitu:
  1) Satuan berat mengukur jumlah bahan bakar yang sebenarnya dapat dipakai untuk operasi suatu engine dimana satuan berat tidak dipengaruhi oleh density (kepadatan) dan temperatur.
  2) Bahan bakar dapat langsung memberikan figur dalam gross weight (berat keseluruhan) dari suatu pesawat.

- **Direct Reading Indicator**
  Sistem ini menggunakan pelampung yang bergerak naik turun di atas permukaan bahan bakar di dalam tangki sebagai penggerak bevel gear untuk memutar magnet. Pada ujung lainnya di luar tank terdapat pointer yang juga terbuat dari magnet, sehingga pergerakan dari magnet di dalam tank yang sesuai dengan tinggi rendahnya permukaan bahan bakar akan diikuti oleh pointer dan memberikan penunjukkan jumlah bahan bakar di dalam tank

- **D.C. Electrical Indicator**
  Terdiri dari pelampung, transmitting arm dan resistor.Pelampung bergerak naik turun sesuai dengan tinggi rendahnya permukaan bahan bakar di dalam tank, gerakan ini diteruskan oleh transmitter arm untuk menunjukkan besar kecilnya harga dari resistor.

- **Capacitorfuel quantity indicator**
  Pada prinsipnya capasitance bridge adalah sebuah balanced circuit (Rangkaian keseimbangan), terdiri dari : Inductor A-B, Capasitor C_1,inductor B-C, Capasitor C_2, dan indikator.
  Apabila harga dari kedua inductor dan kedua capasitor sama besar, maka jembatan tersebut dalam keadaan seimbang (balanced), karena phase dari kedua rangkaian ini adalah 180 derajat satu sama lain, akibatnya tidak akan ada arus listrik yang mengalir melalui indikator

- **Fuelflowmeter** dipergunakan untuk menunjukkan pemakaian hahan bakar selama engine bekerja dalam satuan lbs/jam atau Kg/jam.

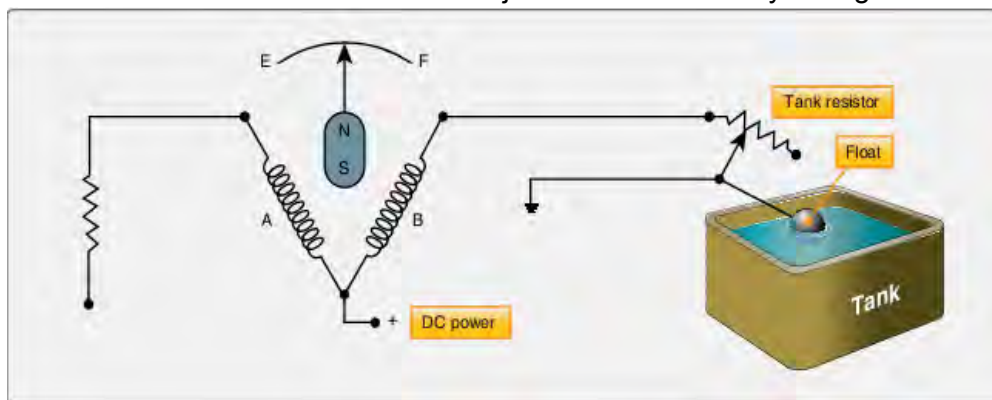
d. Tugas

e. Tes formatif

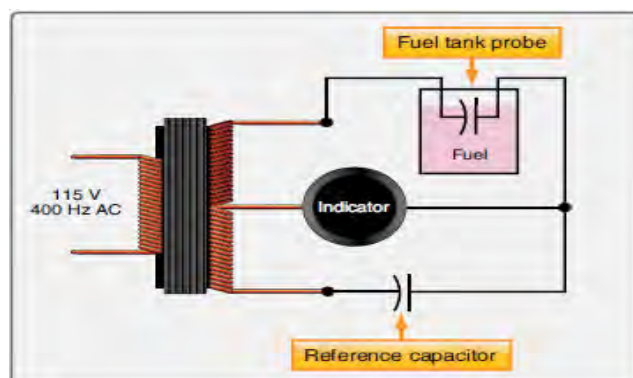
1) Jelaskan cara kerja dc fuel quantity indicator !
2) Jelaskan cara kerja capacitor fuel quantity indicator !

f. Kunci jawaban tes formatif

1) D.C. Electrical Indicator

Terdiri dari pelampung, transmitting arm dan resistor.Pelampung bergerak naik turun sesuai dengan tinggi rendahnya permukaan bahan bakar di dalam tank, gerakan ini diteruskan oleh transmitter arm untuk menunjukkan besar kecilnya harga dari resistor.

2) Capacitorfuel quantity indicator

Pada prinsipnya capasitance bridge adalah sebuah balanced circuit (Rangkaian keseimbangan), terdiri dari : Inductor A-B, Capasitor C $_1$,inductor B-C, Capasitor C_2, dan indikator.

Apabila harga dari kedua inductor dan kedua capasitor sama besar, maka jembatan tersebut dalam keadaan seimbang (balanced), karena phase dari kedua rangkaian ini adalah 180 derajat satu sama lain, akibatnya tidak akan ada arus listrik yang mengalir melalui indikator

g. Lembar kerja siswa

BAB. III

EVALUASI

A. Attitudeskill

No.	Nama Siswa	Aspek Penilaian												Total nilai
		Keterbukaan	Ketekunan belajar	Kerajinan	Tenggang rasa	Kedisiplinan	Kerjasama	Ramah dengan teman	Hormat padaorang tua	Kejujuran	Menepati janji	Kepedulian	Tanggung jawab	
1														
2														
dst														

Keterangan:

Skala penilaian sikap dibuat dengan rentang antara 1 sampai dengan 5.

1 = sangat kurang; 2 = kurang; 3 = cukup; 4 = baik dan 5 = amat baik.

B. Kognitif skill

1) Pedoman Penilaian Soal Essay

NO SOAL	SKOR MAKSIMAL	KETERANGAN	Skor
1	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap	10 7 3

		* Jika menjawab dengan salah	
2	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3
3	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3
4	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3
5	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3

2) Pedoman Penilaian Pilihan Ganda

- Nilai maksimum = 10

Pilihan Ganda

Pilihlah jawaban yang paling tepat soal dibawah ini !

1. Komposisi gas yang ada pada atmosfer bumi terdiri dari...
   A. 78 % Nitrogen, 21 % Oksigen , sisanya gas yang lain

   B. 21 % Nitrogen, 78 % Oksigen , sisanya gas yang lain

C. 68 % Nitrogen, 31 % Oksigen , sisanya gas yang lain

D. 31 % Nitrogen, 68 % Oksigen , sisanya gas yang lain

E. 58 % Nitrogen, 38 % Oksigen , sisanya gas yang lain

2. Lapisan udara paling rendah dimana komposisinya paling ideal untuk menopang makhluk hidup, karena dapat melindungi sengatan radiasi yang dipancarkan oleh benda-benda langit lain disebut….

A. Eksosfer

B. Termosfer

C. Mesosfer

D. Stratosfer

E. Troposfer

3. Karakteristik lapisan udara troposfer adalah

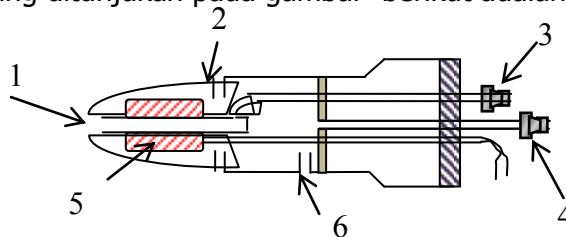
A. Semakin naik ke atas, tekanan semakin turun, suhu semakin turun. Dan setiap kenaikan 100m suhu berkurang 0,61 derajat Celsius .

B. Semakin naik ke atas, tekanan semakin naik, suhu semakin turun. Dan setiap kenaikan 100m suhu berkurang 0,61 derajat Celsius .

C. Semakin naik ke atas, tekanan semakin turun, suhu semakin naik. Dan setiap kenaikan 100m suhu bertambah 0,61 derajat Celsius .

D. Semakin naik ke atas, tekanan semakin naik, suhu semakin naik Dan setiap kenaikan 100m suhu bertambah 0,61 derajat Celsius

E. Semakin naik ke atas, tekanan semakin stabil, suhu semakin stabil

4. Bagian pitot head nomor 5 seperti yang ditunjukan pada gambar berikut adalah....

A. static hole

B. dinamic hole

C. elemen pemanas

D. drain hole

E. static conection

5. Bagian pitot head nomor 1 seperti yang ditunjukan pada gambar soal nomor 4 adalah....
   A. static hole
   B. dinamic hole
   C. elemen pemanas
   D. drain hole
   E. static conection

6. Suatu elemen pemanas pada pitot head dihubungkan ke tegangan 115 volt dengan daya 300 watt, berapa tahanan (R) elemen pemanas tersebut ….
   A R = 2,62 Ω
   B R = 24,24 Ω
   C R = 30,15
   D R = 44, 23 Ω
   E R = 220 Ω

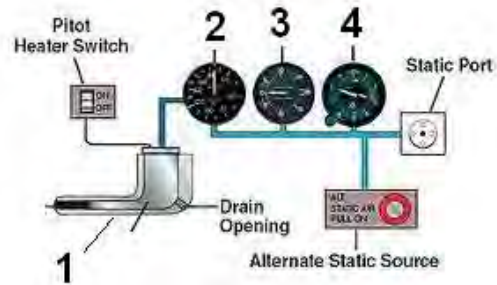
7. Tekanan udara pada ruang terbuka, dimanapun kita berada disebut …
   A. Tekanan dinamis
   B. Tekanan vertical
   C. Tekanan statis
   D. Tekanan horizontal
   E. Tekanan turbulensi

8. Tekanan udara yang menerpa pada suatu benda yang bergerak disebut..
   A. Tekanan dinamis
   B. Tekanan vertical
   C. Tekanan statis

D. Tekanan horizontal

E. Tekanan turbulensi

9. Komponen pitot static system no 3 seperti terlihat pada gambar disamping adalah….

A. Pitot Head
B. Altimeter
C. Vertical Speed Indicator
D. Air Speed Indicator
E. Mach Meter

10. Komponen pitot static system no 1 seperti terlihat pada gambar soal no 9 adalah….

A. Pitot Head
B. Altimeter
C. Vertical Speed Indicator
D. Air Speed Indicator
E. Mach Meter

11. Komponen pitot static system yang berfungsi untuk mengukur kecepatan udara (true air speed) dibandingkan dengan kecepatan suara adalah :

A. Pitot Head
B. Altimeter
C. Vertical Speed Indicator
D. Air Speed Indicator
E. Mach Meter

12. Altimeter adalah….
A Suatu instrument yang digunakan untuk mengetahui ketinggian pesawat udara.
B Suatu instrument yang digunakan untuk mengetahui suhu pada tanki bahan bakar.
C Suatu instrument yang digunakan untuk mengetahui aliran bahan bakar pesawat udara.
D Suatu instrument yang digunakan untuk mengetahui tekanan oli pada bantalan-bantalan yang bergerak.
E Suatu instrument yang digunakan untuk mengetahui arah pesawat udara.

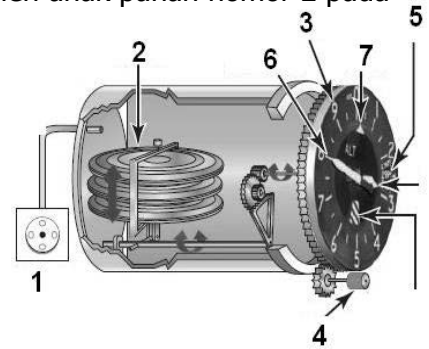
13. Bagian / komponen altimeter seperti yang ditunjukkan oleh anak panah nomor 2 pada gambar disamping adalah ….

A. aneroid wafer (diafragma)

B. altimeter setting (knob pengatur)

C. altitude indicator scale

D. static port

E. pointer (jarum penunjuk)

14. Bagian / komponen altimeter seperti yang ditunjukkan oleh anak panah nomor 1 pada gambar soal no 13 adalah ….

A. aneroid wafer (diafragma)

B. altimeter setting (knob pengatur)

C. altitude indicator scale

D. static port

E. pointer (jarum penunjuk)

15. Bagian / komponen altimeter seperti yang ditunjukkan oleh anak panah nomor 3 pada gambar soal no 13 adalah ….

A. aneroid wafer (diafragma)

B. altimeter setting (knob pengatur)

C. altitude indicator scale

D. static port

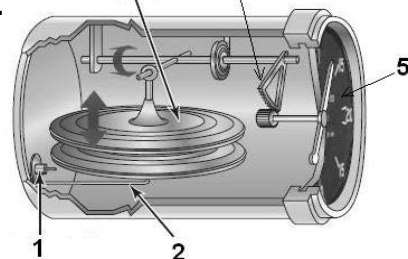
E. pointer (jarum penunjuk)

16. Kesalahan altimeter yang disebabkan karena tekanan-tekanan di dalam atmosfir tidaklah sama dengan tekanan-tekanan pada standar atmosfir atau pressure lapserate disebut…

A. Instrument error
B. Lag error
C. Position error
D. Barometris error
E. Compressibility error

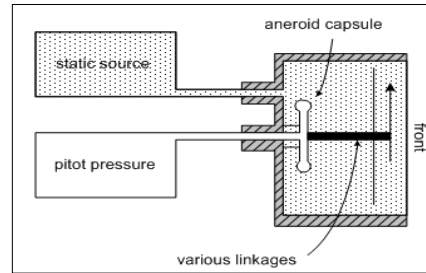
17. Kesalahan altimeter yang disebabkan pitot tube tidak menghadap ke arah airflow dan tekanan dinamis yang memasuki static vent atau static holes disebut…
A. Instrument error
B. Lag error
C. Position error
D. Barometris error
E. Compressibility error

18. Instrumen yang berfungsi untuk mengukur kecepatan vertical (naik turunya pesawat) disebut….
A Air Speed Indicator
B Vertical Speed Indicator
C Altimeter
D Mach Meter
E Tachometer

19. Bagian / komponen Vertical Speed Indicator seperti yang ditunjukkan oleh anak panah nomor 3 pada gambar disamping adalah ….
A. Kapsul (diafragma)
B. Calibrated leak (pipa kapiler)
C. Indicated scale
D. Direct static pressure
E. pointer

20. Bagian / komponen Vertical Speed Indicator seperti yang ditunjukkan oleh anak panah nomor 1 pada gambar soal no 19 adalah ….

A. Kapsul (diafragma)
B. Calibrated leak (pipa kapiler)
C. Indicated scale
D. Direct static pressure
E. Pointer

21. Instrumen yang berfungsi untuk mengukur kecepatan udara disebut….

A. Air Speed Indicator
B. Vertical Speed Indicator
C. Altimeter
D. Mach Meter
E. Tachometer

22. Gambar disamping merupakan prinsip kerja dari instrument….

A Altimter

B Air speed indicator

C Vertical speed indicator

D Mach meter

E Fuel quantity indicator

23. kesalahan penunjukan pada Air speed indicator yang disebabkan karena pesawat bergerak dengan kecepatan tinggi, sehingga terjadi pemampatan udara di dalam rongga-rongga dari pitot tube disebut

A. Instrument error
B. Lag error
C. Position error
D. Barometris error
E. Compressibility error

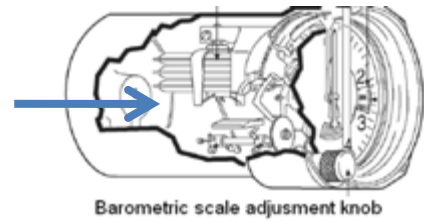
24. Gyroscope adalah….

A. Sesuatu yang berputar atau suatu benda yang berbentuk roda yang bisa berputar pada porosnya.
B. Suatu alat yang digunakan untuk mengukur jumlah putaran poros engkol pada mesin pesawat udara.
C. Suatu alat ukur yang digunakan untuk mengetahui ketinggian suatu pesawat udara dari permukaan laut.
D. Suatu system yang mempergunakan prinsip fluida pada pengoperasiannya.
E. Suatu roda yang dapat berputar dengan sendirinya tanpa tenaga dari luar.

25. Sifat *Rigidity In Space* dari giroskop adalah…..

A. Perubahan sudut arah dari bidang putar gyro.
B. Giro akan selalu mempertahankan arah poros putarnya
C. Giro akan mengalirkan arus listrik lebih.
D. Giro menghilangkan gaya tarik menarik bumi.
E. Sifat mengganti arah poros putar kearah berlawanan jarum jam.

26. Bagian yang ditunjukan oleh anak panah adalah ……

A. Rocking shaft
B. Aneroid
C. Jarum penunjuk
D. Tuang penggerak
E. Leak indicator

27. Auto Direction Finder (ADF) merupakan salah satu instrument dari …….
A. FlightInstrumenEngine Instrumen
B. Auxialiary Instrumen
C. Power Instrumen
D. Navigasi and Commication Instrumen

28. Yang termasuk kedalam engine instrument adalah ….
A. Tachometer, Altimeter, Fuel flow control
B. Oil pressure, Oil Temp, VSI
C. Oil Pressure, Tachometer, Fuel flow Control
D. Oil temp, ASI, Altimeter
E. Altimeter, VSI, ASI

29. Skala penunjukan jarum ASI dinyatakan dalam satuan …..Knot
A. Feet
B. Feet Per minute
C. Mdpl
D. Km/jam

30. Satuan dari penunjukan VSI adalah
A. Feet per Secon
B. Feer per hour
C. Feet per Hg
D. Feet per minute
E. Feet

C. Psikomotorik skill

LEMBAR PENILAIAN

Nama siswa :…………………..

Tingkat / Kelas :…………………..

Semester :…………………..

Standar Kompetensi :…………………..

Kompetensi Dasar :…………………..

No	Komponen/Subkomponen Penilaian	Bobot	Pencapaian Kompetensi			
			Tidak (0)	Ya		
				7,0-7,9	8,0-8,9	9,0-10
I	Persiapan Kerja	10				
	▪ emakai pakain praktek					
	▪ emeriksa peralatan					
II	Proses kerja	40				
	▪ erapian memasang alat					
	▪ ebenaran pemasangan alat					
	▪ embacaan alat ukur					
III	Sikap Kerja	20				
	▪ eselamatan kerja					
	▪ anggung jawab					
IV	Laporan	30				
	▪ iring diagram					
	▪ esimpulan					

Nilai Praktik		

Bandung,

Guru mata pelajaran

BAB. IV

PENUTUP

Materi *aircraft instruments* pada bahan ajar ini merupakan materi yang harus dimiliki oleh setiap siswa yang mengambil Program Keahlian Teknologi Pesawat Udara khususnya Paket Keahlian Kelistrikan Pesawat Udara , sehingga apabila lulus nanti akan sangat membantu dalam pelaksanaan tugas sebagai mekanik di bidang penerbangan baik di industry manufaktur maupun perawatan Pesawat Udara.

Setelah menyelesaikan bahan ajar ini, anda berhak untuk mengikuti tes teori dan praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam bahan ajar ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke topik/bahan ajar yang lainya . Dan apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap bahan ajar, maka hasil yang berupa nilai dari guru/ instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh industry .Selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan bila memenuhi syarat anda berhak mengikuti uji kompetensi yang diadakan bersama antara sekolah dan industry untuk mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh industry .

DAFTAR PUSTAKA

- Yusuf Trenggono, priyono Rahardjo, instrument pesawat terbang 1, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Departemen P&K
- U.S. Department Of Transportation Federal Aviation Administration, 2012, Aviation Maintenance Technician Handbook–Airframe Volume 1
- U.S. Department Of Transportation Federal Aviation Administration, 2012, Aviation Maintenance Technician Handbook–Airframe Volume 2
- Basic Handbook, Aircraft instruments, Jakarta Aviation Training services
- Bahan-bahan dari internet
  - Tzywen.com
  - Navfltsm.addr.com
  - Andybambang 1.blogspot.com